

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vliv odstraňování kalamitních stavů na nízkokapacitní vozovky a její ověřování  
pomocí FWD  
Diplomová práce

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2020/2021

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jaroslav Švojgr**  
Osobní číslo: **D20607**  
Studijní program: **N0732A260017 Dopravní stavitelství**  
Téma práce: **Vliv odstraňování kalamitních stavů na nízkokapacitní vozovky a její ověřování pomocí FWD**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

## Zásady pro vypracování

Zpracujte téma problematiky únosnosti a životnosti nízkokapacitních vozovek (lesních cest) po nadměrném zatěžování během kalamit. V části analyzujte a popište nastalou situaci a její problematiku. Popište základní principy fungování, metody měření a zhodnoťte využití rázového zatěžovacího zařízení typu A – FWD. V praktické části proveďte sérii měření na vybraných testovacích úsecích lesních cest kategorie 1L a 2L s následným vyhodnocením dat.

Práce bude strukturována přibližně ve smyslu následujícího dělení:

1. Úvod
2. Analytická část (teorie, rešerše literatury, zanalyzování a popis situace a dopady na konstrukce vozovek, popis zařízení FWD)
3. Stanovení konkrétních cílů a metod práce
4. Vlastní měření FWD
5. Zpracování naměřených dat, tvorba výstupů
6. Doporučení a závěr

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

České TP 170 a odborná literatura (navrhování vozovek)  
ČSN 73 6108 Lesní cestní síť (2016)  
ČSN 73 6192 Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží  
ČSN 73 6100-1 Názvosloví pozemních komunikací  
Technologická příručka staveb účelových komunikací Lesy ČR, s.p.  
Další literatura dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Lopour, Ph.D.**  
Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2021**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem „Vliv odstraňování kalamitních stavů na nízkokapacitní vozovky a její ověřování pomocí FWD“ jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.8.2022

Bc. Jaroslav Švojgr v.r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Nejdříve bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlovi Lopourovovi, Ph.D. za podnětné rady a odbornou pomoc, kterou mi poskytoval při zpracování mé diplomové práce a za čas, který mi věnoval. Současně bych chtěl poděkovat všem kolegům z LČR, s.p., kteří mi poskytli potřebné materiály, součinnost a svůj čas. Rád bych poděkoval také své rodině a všem přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili, a bez jejichž pomoci by nebylo možné práci dokončit. A v neposlední řadě bych rád poděkoval své manželce, která to se mnou při vypracování mé práce neměla jednoduché.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá problematikou únosnosti a životnosti nízkokapacitních vozovek (lesních cest) se zaměřením na nadměrné zatěžování během kalamit. V analytické části je práce věnována zkoumáním problematiky odstraňování kalamitních stavů v lesích a jejího vlivu na lesních cesty. Z důvodu definice dopravního zatížení práce zahrnuje vozový park nejčastějších dopravních prostředků mající největší vliv na životnost vozovek. V praktické části je práce zaměřena na vlastní měření pomocí nedestruktivním diagnostickým zařízením – rázovým zařízením FWD a diskusí nad získanými výsledky.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

rázová zatěžovací zkouška, dopravní zatížení, nízkokapacitní vozovky, lesní cesty, kalamitní stavy, životnost vozovek

## **TITLE**

Impact of disaster removal on low-capacity roads and its verification using FWD

## **ANNOTATION**

The diploma thesis deals with the issue of bearing capacity and service life of low-capacity roads (forest roads) with a focus on excessive loading during calamities. In the analytical part, the work is devoted to the investigation of the issue of removing calamity conditions in forests and its influence on forest roads. Due to the definition of the traffic load, the work includes the vehicle fleet of the most common means of transport having the greatest influence on the life of the roads. In the practical part, the work is focused on self-measurement using a non-destructive diagnostic device - impact device FWD and discussion of the obtained results.

## **KEYWORDS**

impact load test, traffic load, low-capacity roads, forest roads, disaster conditions, road life

## OBSAH

1. ÚVOD.....	11
2. HOSPODAŘENÍ V LESNÍCH KOMPLEXECH A JEHO VLIV NA LCS.....	12
2.1. Kalamitní stavy .....	17
2.1.1. Větrné kalamity.....	18
2.1.2. Kalamity způsobené hmyzími škůdci.....	18
2.1.3. Asanace kalamit.....	19
2.1.4. Důsledky asanace na LCS.....	20
3. NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK.....	21
3.1. Historie a vznik návrhových metod .....	21
3.2. Návrhové metody v ČR.....	22
3.3. Návrhové metody v zahraničí .....	23
3.4. Dopravní zatížení .....	25
3.4.1. Dopravní mechanizace a její vliv na LCS .....	28
3.4.2. Nejpoužívanější soupravy pro odvoz dřevní hmoty.....	28
3.4.3. Určení dopravního zatížení lesních cest pro návrh vozovky.....	33
4. ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	36
4.1. Popis zařízení.....	36
4.2. Princip zkoušky .....	37
4.3. Postup měření .....	37
4.4. Vyhodnocení měření .....	39
5. VLASTNÍ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	44
5.1. LC Třetí cesta.....	44
5.2. LC Ke Karlštejnu .....	50
5.3. LC Magistrála.....	53
5.4. Shrnutí výsledků.....	55
5.5. Diskuse.....	56
6. ZÁVĚR .....	58
7. POUŽITÁ LITERATURA .....	59
Citovaná literatura.....	59
8. PŘÍLOHY .....	60

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Názorné ukázky příkladů vad – A-Plíseň; B-Tvrdá hniloba; C-Měkká hniloba, D-Zabarvení – zamodráni (Lesnická práce s.r.o., 2008).....	14
Obrázek 2 Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2006-2020 (tis. m <sup>3</sup> ) (Ministerstvo zemědělství, 2020).....	18
Obrázek 3 Celkový objem těžby dřeva 2006-2020 (Silvarium, 2021).....	19
Obrázek 4 Ukázka důsledků zatěžování – vyjetá kolej (zdroj: vlastní fotografie).....	20
Obrázek 5 Ukázka důsledků zatěžování – síťové trhliny na vozovce se stmelěným povrchem (zdroj: vlastní fotografie).....	20
Obrázek 6 Princip modelu analytické metody (Zajíček, 2016).....	21
Obrázek 7 Seznam standartních náprav s označením ( Forest Owners Association, 2020).....	23
Obrázek 8 Zatížení jednotlivých náprav ( Forest Owners Association, 2020).....	23
Obrázek 9 Příklad výpočtu ESA – Vozidlo 44 tun ( Forest Owners Association, 2020).....	24
Obrázek 10 Příklad výpočtu ESA – Vozidlo 66 tun ( Forest Owners Association, 2020).....	24
Obrázek 11 Definice návrhové nápravy (Kudrna, <a href="http://lences.cz/studium/">http://lences.cz/studium/</a> , 2022).....	25
Obrázek 12 Přepočtové koeficienty (Zajíček, 2016).....	26
Obrázek 13 Mitsubishi CANTER (zdroj: vlastní fotografie).....	29
Obrázek 14 Tatra 111 (Wikipedie, 2021).....	29
Obrázek 15 Přívěsová odvozní souprava (zdroj: <a href="http://www.tatra.cz">www.tatra.cz</a> ).....	30
Obrázek 16 Polopřívěsová odvozní souprava (Simanov & Kohout, 2004).....	31
Obrázek 17 Návěsová odvozní souprava (zdroj: vlastní fotografie).....	32
Obrázek 18 Způsob rozdělení lesa a lesních cest pro výpočet dopravního zatížení (ZLATUŠKA, 2020).....	35
Obrázek 19 Použité rázové zařízení FWD (zdroj: vlastní fotografie).....	36
Obrázek 20 Grafické znázornění fungování FWD (Kudrna, 2007).....	37
Obrázek 21 Export dat – bez filtru.....	39
Obrázek 22 Export dat – s filtrem.....	39
Obrázek 23 DG Laymed – záložka identifikace.....	40
Obrázek 24 DG Laymed – záložka Zatížení.....	40
Obrázek 25 DG Laymed – záložka Konstrukce.....	41
Obrázek 26 DG Laymed – záložka Sčítání dopravy.....	42
Obrázek 27 DG Laymed – záložka Stavební úpravy.....	42
Obrázek 28 Vyhodnocení výsledků z DG Laymed 1/2.....	43
Obrázek 29 Vyhodnocení výsledků z DG Laymed 2/2.....	43
Obrázek 30 Lesní cestní síť v oblasti LC Třetí cesta.....	44
Obrázek 31 Rozdělení LC Třetí cesta na úseky.....	45
Obrázek 32 Gravitační plocha LC Třetí cesta.....	45
Obrázek 33 Konstrukční vrstvy úseku č.1 (zdroj: vlastní fotografie).....	46
Obrázek 34 Fotografie povrchu úseku č.1 (zdroj: vlastní fotografie).....	46
Obrázek 35 Konstrukční vrstvy úseku č.2 (zdroj: vlastní fotografie).....	47
Obrázek 36 Fotografie povrchu úseku č.2 (zdroj: vlastní fotografie).....	47
Obrázek 37 Konstrukční vrstvy úseku č.3 (zdroj: vlastní fotografie).....	48
Obrázek 38 Fotografie povrchu úseku č.3 (zdroj: vlastní fotografie).....	48
Obrázek 39 Konstrukční vrstvy úseku č.4 (zdroj: vlastní fotografie).....	49
Obrázek 40 Fotografie povrchu úseku č.4 (zdroj: vlastní fotografie).....	49
Obrázek 41 Lesní cestní síť v oblasti LC Ke Karlštejnu.....	50



Obrázek 42 Gravitační plocha LC Ke Karlštejnu .....	51
Obrázek 43 Rozdělení LC Ke Karlštejnu na úseky .....	51
Obrázek 44 Konstrukční vrstvy úseku č.5 a č.6 (zdroj: vlastní fotografie) .....	52
Obrázek 45 Fotografie povrchu úseku č. 5 (zdroj: vlastní fotografie).....	52
Obrázek 46 Fotografie poškození povrchu úseku č. 6 (zdroj: vlastní fotografie) .....	53
Obrázek 47 Fotografie kopaných sond na krajnici LC Magistrála (zdroj: vlastní fotografie) .54	
Obrázek 48 Znázornění úseku č.7 na mapě .....	54
Obrázek 49 Fotografie povrchu úseku č. 7 (zdroj: vlastní fotografie).....	55

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Klasifikace vad a jejich zařídění do III. jakostní třídy, výřezy pro pilařské zpracování – smrk a jedle (Lesnická práce s.r.o., 2008).....	13
Tabulka 2 Vývoj počtu km lesních cest (Ministerstvo zemědělství, 2020).....	15
Tabulka 3 Vývoj celkové výměry lesních pozemků (ha) (Ministerstvo zemědělství, 2020) ...	16
Tabulka 4 Zatížení jednotlivých druhů náprav pro vyvolání ekvivalentního účinku na vozovku .....	25
Tabulka 5 Příklady hmotností vozidel pohybujících se na lesních cestách (ZLATUŠKA, 2020) .....	28
Tabulka 6 Souhrnná tabulka účinků naložených vozidel .....	32
Tabulka 7 Přibližné hmotnosti dřevní hmoty na m <sup>3</sup> (Němec, 1964).....	33
Tabulka 8 Celkový přehled naměřených a přepočtených hodnot všech úseků .....	55

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

FWD – Falling Weight Deflectometer – rázové zatěžovací zařízení

LC – lesní cesta

LCS – lesní cestní síť

PM – penetrační makadam

ACO – asfaltobeton obrusná vrstva

OLH – odborný lesní hospodář

UHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

CBR – Kalifornský poměr únosnosti

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ESA – Equivalent of standart axles

TNV – počet průjezdů těžkých nákladních vozidel

# 1. ÚVOD

Lesní cestní síť je nedílnou součástí hospodaření v lese. Ta v dnešní době již ale neslouží jen pro zpřístupnění lesních komplexů lesnímu hospodářství, ale zajišťuje zpřístupnění lesa také i mimoprodukčním funkcím, jako například rekreační trasy.

Zatěžování lesních cest je specifické i při normálních podmínkách plánovaných těžeb natož pak při zpracovávání kalamitních stavů. Ty jsou vystavovány extrémnímu zatížení. Důkazem je odstraňování nastalé kůrovcové kalamity od roku 2015, kdy se těžba dřevní hmoty a s tím související i odvozy dřevní hmoty zvýšily na dvojnásobek. S vyšší těžbou je samozřejmě spojena i následná péče o lesní pozemky a jejich zalesnění, které s sebou nese také vyšší vytížení lesních cest, nicméně v nižší míře co do zatížení. Samozřejmě kůrovcová kalamita není jediným kalamitním stavem, který postihuje lesní porosty.

V diplomové práci proto bude provedena analýza postupů hospodaření v lesních komplexech a jejich vliv na LCS. Dále bude proveden průzkum navrhování komunikací a lesních cest v ČR a v zahraničí s analýzou dopravního zatížení LCS.

Cílem diplomové práce je z provedených analýz a průzkumů vyhodnotit dopady hospodaření v lese, a to hlavně při kalamitních stavech na LCS. V praktické části pak provedení série měření pomocí rázového zařízení typu A – FWD s vyhodnocením a diskusí nad naměřenými daty a zhodnocením využití daného zařízení v praxi.

## 2. HOSPODAŘENÍ V LESNÍCH KOMPLEXECH A JEHO VLIV NA LCS

Lesní porosty jsou dnes z větší části hospodářským územím, na kterém probíhá hospodaření s dřevní hmotou za účelem zisku a pokrytí světové poptávky po dřevní hmotě, se snahou o zachování minimálně stále stejné, v lepším případě větší, zalesněné plochy. Probíhají zde různé lidské zásahy ve snaze zajištění kvalitní dřevní hmoty. Hlavními složkami je těžba a vývoz dřevní hmoty a zalesnění vytěžených pasek s následnou péčí.

Těžba dřevní hmoty je dle lesního zákona rozdělena do čtyř kategorií a to:

- 1) Těžba předmýtní úmyslná
- 2) Těžba mýtní úmyslná
- 3) Těžba nahodilá
- 4) Těžba mimořádná

V prvním případě se jedná o výchovný zásah do lesního porostu, což znamená například takzvané probírky, kdy se pro zvýšení kvality lesa vyřezávají nevhodně rostoucí stromy. Následně probíhá druhá kategorie těžby neboli mýtní, která se provádí po dosažení mýtního věku dřevin obsažených v daném porostu. Tento mýtní věk se pohybuje od 80 let (např. smrk, borovice) až do 120 let (např. dub). Tyto dva druhy těžby lze zařadit do kategorie plánovaných těžeb, jelikož hospodaření v lese je dáno Lesním hospodářským plánem nebo Lesní hospodářskou osnovou. Tyto plány a osnovy jsou nejčastěji řešeny a vydávány každých 10 let.

Bohužel některé ze zásahů člověka mají za následek oslabení lesa vůči určitým přírodním vlivům, což se ale lidstvo snaží kompenzovat všestrannou péčí o lesní porosty, jejich obnovou a rozšiřováním. Nicméně kvůli těmto neúmyslně negativním zásahům a klimatickým změnám dochází, k již zmíněnému oslabení lesních porostů, které mají za následek různé druhy plošných poškození, které nazýváme kalamitami. Tyto kalamity jsou následně zpracovávány právě třetí a čtvrtou kategorií těžeb, které lze zařadit do kategorie neplánovaných těžeb.

Po každé těžbě je nutné dopravit dřevní hmotu ke zpracovatelům jako jsou pily apod. Z hospodářského hlediska je důležité dřevní hmotu vyvozit z lesa ke zpracovateli za co nejkratší dobu, a to hlavně z důvodu časem se zhoršující kvality dřevní hmoty. Dřevní hmotu dle publikace „Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví“, kterou se řídí jak prodejci, tak zpracovatelé dřeva, rozdělujeme celkem do čtyř kategorií dle tabulky 1.

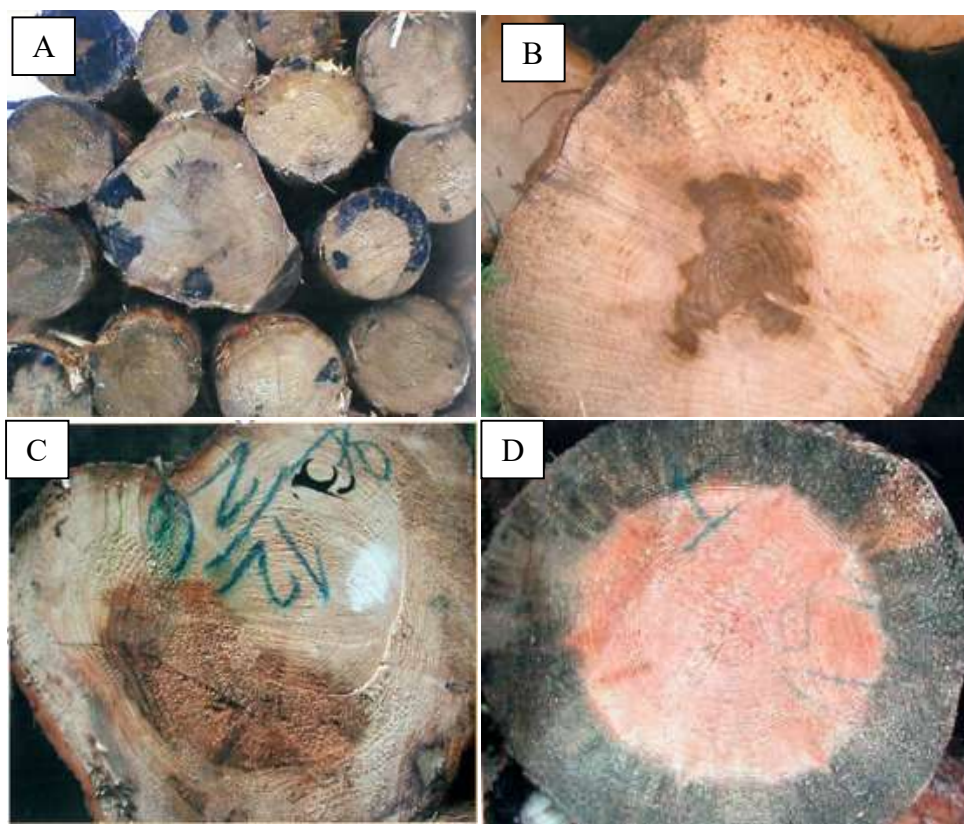
Tabulka 1 Klasifikace vad a jejich zařídění do III. jakostní třídy, výřezy pro pilářské zpracování – smrk a jedle (Lesnická práce s.r.o., 2008)

Kvalita		A	B	C	D
Charakteristika		Dříví prvotřídní jakosti, čerstvé, zdravé a rovné kmeny téměř bez suků a dalších vad nebo s malými vadami	Čerstvé dříví běžné až prvotřídní jakosti, zdravé kmeny bez výskytu boulí a skupinových suků a dále s vadami do takového rozsahu, jenž je uveden níže	Dříví běžné jakosti až méně hodnotné, dovoleny jsou vady, které výrazně nesnižují přirozené vlastnosti dřeva. Rozsah níže uvedených vad nesmí být překročen.	Dříví, které může být využitelné pro pilář. zpracování a které vzhledem k jeho vadám nelze zařadit do kval. A, B, C. Rozsah níže uvedených vad nesmí být překročen.
Suky	zdravé, srostlé	do 3 cm max. 1 ks na 1 bm	do 4 cm	do 6 cm	do 8 cm
	nesrostlé		do 3 cm	do 5 cm	do 10 cm max. 1 ks na 1 bm
	nezdravé	nedovoluje se	do 2 cm max. 2 ks na 1 bm	do 3 cm	do 8 cm
Trhliny	dřeňové, hvězdicové	nedovoluje se	max. do 1/4 tloušťky čela, čepu	max. do 1/3 tloušťky čela, čepu	dovoluje se
	odlupčivé, výsušné	nedovoluje se	nedovoluje se	max. do 1/4 tloušťky čela, čepu	
	současný výskyt	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se	
	přecházející	nedovoluje se	nedovoluje se	mělká výsušná se povoluje	
Vady růstu	křivost jednod.	průhyb méně než 15% STP	průhyb méně než 15 % STP	průhyb od 15% do 20% STP	průhyb od 21% do 32% STP
	točitost	do 29 cm STP; pod 5 cm/bm dovoluje se	do 29 cm STP; pod 5 cm/bm dovoluje se	do 29 cm STP; méně než 8 cm/bm dovoluje se	dovoluje se (dříví musí být ještě vhodné pro pilářské zpracování)
		do 30 cm STP; pod 7 cm/bm dovoluje se	do 30 cm STP; pod 7 cm/bm dovoluje se	do 30 cm STP; méně než 10 cm/bm dovoluje se	
	sbíhavost	do 19 cm STP; ≤1,25 cm/bm dovoluje se	do 19 cm STP; ≤1,25 cm/bm dovoluje se	do 19 cm STP; > 1,25-2,00 cm/bm dovoluje se	do 19 cm STP; > 2,00 cm/bm dovoluje se
		od 20 do 29 cm STP; ≤1,50 cm/bm dovoluje se	od 20 do 29 cm STP; ≤1,50 cm/bm dovoluje se	od 20 do 29 cm STP; >1,50-2,00 cm/bm dovoluje se	od 20 do 29 cm STP; >2,50 cm/bm dovoluje se
		od 30 cm STP ≤2,00 cm/bm dovoluje se	od 30 cm STP ≤2,00 cm/bm dovoluje se	od 30 do 44 cm STP; >2,00-3,00 cm/bm dovoluje se	od 30 do 44 cm STP; >3,00 cm/bm dovoluje se
	křemenitost	nedovoluje se	nejvýše 10% průměru čela, čepu se dovoluje	přípustné nejvýše 40% průměru čela, čepu	dovoluje se
	excentrická dřeň	do 10% tloušťky čela, čepu	do 15% tloušťky čela, čepu	bez omezení	bez omezení
Vady zp. houbami	zbarvení	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se	max. do 2/3 plochy čela nebo čepu
	tvrdá hniloba	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se	max. do 2/3 plochy čela nebo čepu
	měkká hniloba, trouchnivost	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se
Napadení hmyzem	mělké	nedovoluje se	nedovoluje se	dovoluje se	bez omezení
	hluboké	nedovoluje se	nedovoluje se	nedovoluje se	
Ostatní neuvedené vady		nedovoluje se	nedovoluje se	dle dohody mezi dodavatelem a odběratelem	
Rozměry kulatiny - délka, min. průměr čepu,		minimální jmenovitá délka 3 m, minimální průměr čepu b.k. 11 cm, nebo dle dohody mezi dodavatelem a odběratelem			
Stoupání, tl. stupně, max. průměr čela, šířka letokruhů apod.		dle dohody mezi dodavatelem a odběratelem			

Díky nyní probíhající kůrovcové kalamitě byla přidána ještě kategorie KH (kůrovcové dříví). Tato kategorie již počítá s napadením škůdce, nicméně se v některých případech hodnotí jako kvalitnější dřevo nežli kategorie D.

Zařazení do kategorií, jak vidíme, má spousty charakteristik, nicméně charakteristiky jako vady způsobené sesycháním (trhliny), houbami či napadení hmyzem, jsou přímo závislé na rychlosti vývozu dřeva. Časový rámeček vzniku vad je jen těžko odhadnutelný, nicméně například vada zamodráním nám může dle informací kolegů vzniknout při teplých měsících již po prvním mírném dešti, což znamená časový rámeček dnů až týdnů. Samozřejmě následují vady jako tvrdá hniloba, měkká hniloba nebo trhliny sesycháním skladovaného dřeva. Názorné ukázky příkladů vad můžeme vidět na obrázku 1. Pro představu cenového rozdílu jsem si zjistil průměrné ceny za určité kategorie. V červenci roku 2022 se dle smluv s těžaři pohybovaly ceny kategorií následovně:

- B/C – 3 250.-Kč/m<sup>3</sup>
- KH – 2 850.-Kč/m<sup>3</sup>
- D – 2 550.-Kč/m<sup>3</sup>



Obrázek 1 Názorné ukázky příkladů vad – A-Plíseň; B-Tvrdá hniloba; C-Měkká hniloba, D-Zabarvení – zamodrán (Lesnická práce s.r.o., 2008)

Pro vývoz dřevní hmoty nám slouží lesní cestní síť (LCS), která je tvořena lesními cestami, které jsou rozděleny do těchto kategorií:

**1L** – lesní odvozní cesta – celoročně využívaná páteřní cesta protínající většinou celý komplex lesa a zajišťující vyústění na veřejnou síť pozemních komunikací. Z důvodu zajištění celoroční sjízdnosti je navrhována se stmelеныmi vrstvami vozovky v šířkách od 4 do 5 m s krajnicemi šířky 0,5m a s návrhovou rychlostí 30-40 km/h

**2L** – lesní odvozní cesta – zajišťuje zpřístupnění celého komplexu lesa motorovým vozidlům. Navrhuje se pouze na sezónní provoz (sucho, mráz) a proto je její konstrukce vozovky z nestmelенých vrstev případně bez zpevnění. Návrhová rychlost je zde 20-30 km/h a její šířka se pohybuje od 3,5 m do 4 m

**3L** – lesní cesta – zajišťuje přístup lesa těžké terénní technice (např. Traktorům) pro vyvážení a přibližování dřevní hmoty k cestám 2L nebo 1L. Navrhují se nezpevněné v šířkách od 3 do 4 m s návrhovou rychlostí 15-20 km/h

**4L** – lesní linka – zajišťuje přístup těžké lesní techniky. Navrhuje se pouze jako dočasná bez zpevnění, pouze s případnými zemními úpravami.

Nejvýznamnější pro lesní hospodářství a také nejvíce zastoupené jsou hlavně lesní cesty 1L a 2L. Jejich zastoupení v podobě celkového počtu km je vidět v tabulce 2.

Tabulka 2 Vývoj počtu km lesních cest (Ministerstvo zemědělství, 2020)

Rok	L1L	L2L	N	Celkem
2016	12 881	26 646	6 928	46 455
2017	12 589	26 738	7 280	46 607
2018	12 601	26 808	7 790	47 199
2019	12 520	26 849	8 137	47 506
2020	12 409	26 458	8 598	47 465

Tento celkový počet km musí obhospodařit celkem 2 677 329 ha lesních pozemků. Vývoj celkového počtu pozemků můžeme vidět v tabulce 3.

Tabulka 3 Vývoj celkové výměry lesních pozemků (ha) (Ministerstvo zemědělství, 2020)

Rok	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Výměra lesních pozemků	2 637 290	2 647 416	2 657 376	2 668 392	2 675 670	2 677 329

Základním kritériem zpřístupnění lesních porostů je pak hustota LCS. Jde hlavně o hustotu těch nejdůležitějších lesních cest a to odvozních (kategorie 1L a 2L). Hustota lesních cest nám vyjadřuje poměr délky ke zpřístupňované ploše:

$$H = \frac{D}{S} \quad [m/ha]$$

Kde H je hustota lesních cest v m/ha, D je délka lesních cest v m a S je plocha zpřístupňovaného území v ha. To znamená, že průměrná hustota lesních cest kategorie 1L je v ČR 4,8 m/ha a kategorie 2 L je to 9,88 m/ha.

Dle Metodiky a pracovního postupu „Zpřístupnění lesů“ vydané ÚHÚL jsou odvozní celky vyjádřené takzvaným transportním segmentem. Transportní segment je soubor porostů, které gravitují na jednu hlavní odvozní cestu. Transportní segment má mít hranice na přirozených gravitačních předělech (hřebenech, vodotečích, okrajích lesa v přiměřeném detailu) nebo umělých předělech (odvozní cesty, železniční tratě, rozdělovací síť)

Modelové typy transportních segmentů:

Typ 0 – oblast bez odvozních cest. Dříví gravituje k cestám jsoucí mimo les. Morfologie terénu není rozhodující. Hustota lesních cest  $H = 0$  m/ha

Typ A – roviny a náhorní plošiny s minimem omezujících vnějších vlivů. Hustota lesních cest  $H \geq 15$  m/ha

Typ B – odvozní síť vyšších horských poloh, hřebenové a etážové cesty, převažuje antigravitační přibližování. Hustota lesních cest  $H \geq 17,5$  m/ha

Typ C – odvozní síť v pahorkatinách a nižších horských polohách s cestní sítí po hřebenech a v údolních polohách, jednostranně i oboustranně gravitující hmota. Hustota lesních cest  $H \geq 22,5$  m/ha



Typ D – odvozní síť v luhu, v inundačních oblastech, v terénech s krátkými svahy a zaříznutou údolnicí, značné vnější omezení, relativně malá gravitační území. Hustota lesních cest  $H \geq 25$  m/ha

Typ E – odvozní síť – v pahorkatinách a horách s členitými a dlouhými svahy s kombinací etážových a údolních cest, obtížné limitující vnější i vnitřní podmínky. Hustota lesních cest  $H \geq 27,5$  m/ha

(Bystrický, 2020)

Z výše uvedeného je zřejmé, že je zapotřebí zvyšování hustoty LCS a tím zajištění rovnoměrného zatěžování při vývozu dřevní hmoty.

Při plánovaných těžbách je vývoz dřevní hmoty předem plánovaný a řízený, proto není složité LCS na tuto situaci v dané lokalitě předem připravit a zajistit tak bezproblémový odvoz dřeva. Problém nastává ve chvíli, kdy je nutné provádění neplánovaných těžeb z důvodu některých z kalamit. V těchto případech se stává vývoz dřeva jednou z prioritních asanačních možností zvládnutí nastalé kalamity. Bohužel tyto případy se nedají předem předvídat a je nutné je zpracovávat v jakémkoli období, na což LCS není navrhována. Například při zpracovávání nyní probíhající kůrovcové kalamity jsou lesní cesty zatěžovány extrémně, nahodile a hlavně celoročně. Nutnost vytěžení a asanaci napadeného dříví, co nejdříve, aby nebyl napaden celý porost, má za následek celoroční zatěžování kompletní lesní cestní sítě. Tím trpí konkrétně lesní cesty s nestmelenými konstrukčními vrstvami. Zatěžování těchto lesních cest při mokrých měsících má za následek enormní snížení životnosti projevující se poruchami jako vyjeté koleje, výtluky zasahující až do podkladních vrstev, vyvalování krajnic do příkopů apod.

Pro vyjádření extrémního zatížení nám poslouží data dle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů a Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství dohledatelná na stránkách [www.uhul.cz](http://www.uhul.cz) a [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz). Zde se uvádí, že za normálních plánovaných těžeb je výtěžnost  $5,79 \text{ m}^3$  na ha, nicméně díky kalamitě narostla výtěžnost na  $17 \text{ m}^3$  na ha. Z tohoto vyplývá, že zatížení cest je v průměru o 293 % vyšší než za normálních podmínek při plánovaných těžbách.

## **2.1. Kalamitní stavy**

Díky abiotickým škodlivým činitelům jako jsou sníh, námraza a vítr, nebo biotickým škodlivým činitelům jako jsou hmyzí škůdci vznikají v lesních porostech plošná poškození. Tyto plošné poškození označujeme jako lesní kalamity a jsou součástí lesního hospodářství už od pradávna.

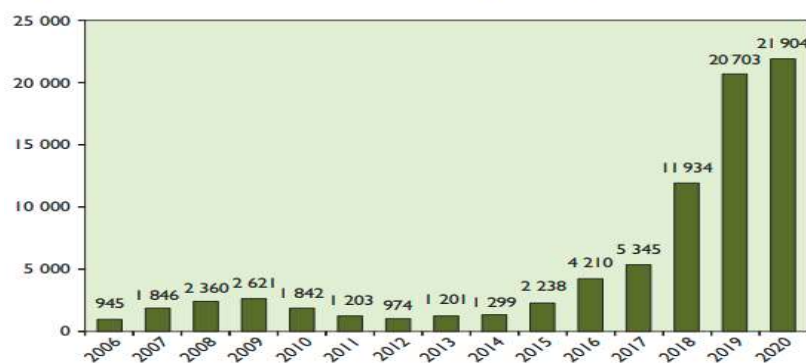
### 2.1.1. Větrné kalamity

Jednou z nejčastějších kalamit je větrná, která je nejčastěji situovaná do horských oblastí, nicméně se nevyhýbá ani nížinám. Větrné kalamity ve větší či menší míře postihují lesy každoročně a ty nejvýznamnější dosahují objemů 5–12 mil. m<sup>3</sup>.

### 2.1.2. Kalamity způsobené hmyzími škůdci

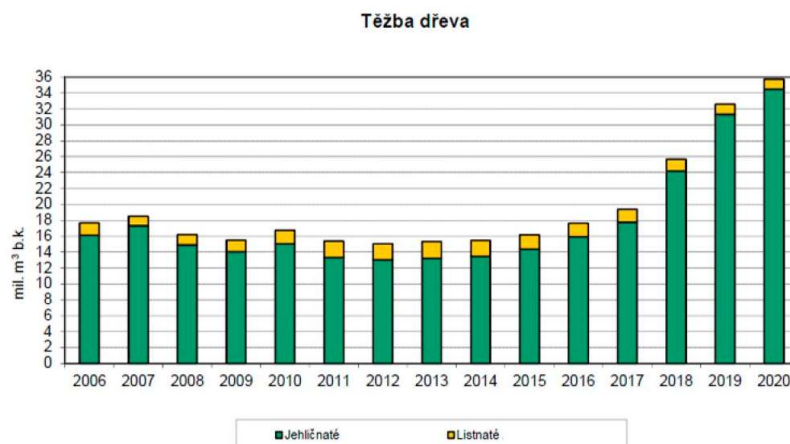
Nejčastějším biotickým škodlivým činitelem je lýkožrout smrkový (tzv. kůrovec), jehož první gradace je zaznamenána na Křivoklátsku, Plzeňsku a Krušných horách již koncem 18. století. Již od prvních záznamů je patrné, že si lesníci uvědomovali nebezpečnost tohoto škůdce, jelikož bylo vydáno nařízení k jeho hubení. Zajímavostí je, že jeho výskyt až do poloviny 20. století byl pouze v pohraničních horách a na Třeboňsku, kdežto v nížinách, kde smrk nebyl původní, se nevyskytoval. Následně vlivem několika abnormálně suchých let zasáhlo Česko několik kůrovcových vln s objemy kolem 6 mil. m<sup>3</sup>, které se vždy podařilo ztrotit. Poslední, která byla vyhlášena v roce 2015 (její počátky se však datují již od roku 2003), postihla kompletně celou Českou republiku a její objem se vyšplhal až na 20 mil. m<sup>3</sup> ročně (viz. obrázek 2). Na obrázku 3 je pak jasně viditelné, že právě díky kůrovcové kalamitě stoupla těžba dříví na dvojnásobek.

**Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2006–2020 (tis. m<sup>3</sup>)**



**Pramen: VÚLHM**

Obrázek 2 Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2006–2020 (tis. m<sup>3</sup>) (Ministerstvo zemědělství, 2020)



Obrázek 3 Celkový objem těžby dřeva 2006-2020 (Silvarium, 2021)

### 2.1.3. Asanace kalamit

Asanační kalamit se rozumí podstoupení takových kroků, aby byl zbytek lesního komplexu ochráněn před vypuknutím další kalamity. Samozřejmě ochránit lesní komplex před větrnou kalamitou je nemožné, nicméně před kalamitou způsobenou hmyzími škůdci možnosti jsou. Asanaci je nutné dle legislativy provést do termínu stanoveném OLH, který jej stanovuje na základě vývojového stádia škůdce. V ideálním případě je nejjednodušší a nejlevnější variantou asanace dle platné legislativy odvoz dřevní hmoty přímo zpracovateli. Nicméně je nutné mít na paměti, že pouhý odvoz dřevní hmoty z lesa na skládku není dle platné legislativy asanační, jelikož odtud může škůdce přelétnout a napadnout blízké nebo i několik kilometrů vzdálené lesní porosty.

V případech, kdy z kapacitních nebo jiných důvodů není možné dřevo do termínu asanovat odvozem zpracovateli, je nutné na skládkách provést mechanickou či chemickou asanaci.

Mezi mechanickou asanací patří

- Ruční odkornění jednotlivých kmenů
- Strojní odkornění jednotlivých kmenů
- Spálení slabšího dříví nebo těžebních zbytků

Mezi chemickou asanací patří:

- Postřik jednotlivých kmenů insekticidy

### 2.1.4. Důsledky asanace na LCS

Negativní důsledky jsou znát hlavně na komunikacích třetích tříd, místních komunikacích, ale především na LCS. Ta nebyla na takto extrémní zatěžování navrhována, a proto i relativně nové cesty jsou dnes již na konci životnosti. Z důvodu zabránění dalšího šíření kůrovcové kalamity je navíc LCS vystavována zatížení za každých povětrnostních podmínek. Nejčastějšími důsledky tohoto extrémního zatěžování jsou síťové trhliny, „zborcené“ nebo „uhnuté“ krajnice, vyjeté koleje a výtluky (viz. obrázek 4 a 5).



Obrázek 4 Ukázka důsledků zatěžování – vyjetá kolej  
(zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 5 Ukázka důsledků zatěžování – síťové trhliny na vozovce se stmelěným povrchem (zdroj: vlastní fotografie)

Pro obnovení LCS bych doporučil dodržení následného postupu:

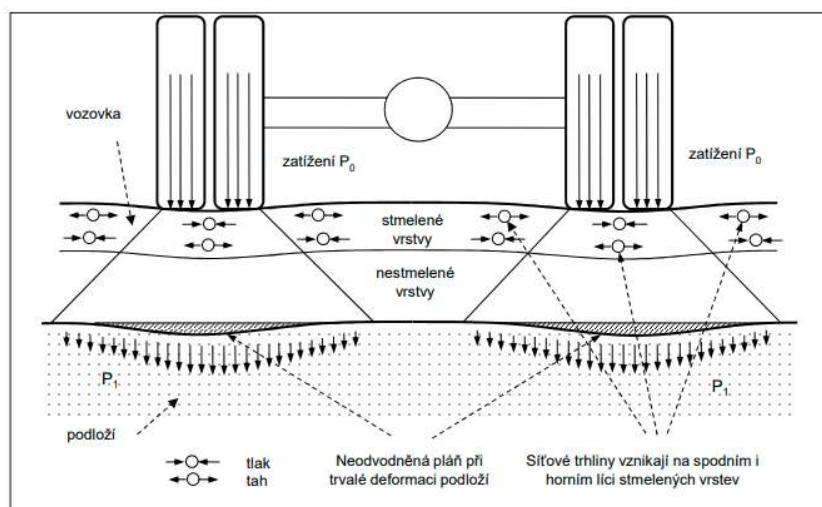
- 1) Zabránit dalšímu poškozování vodou – urychleně obnovit a vyčistit odvodňovací prvky lesních cest včetně odstranění nánosů na krajnicích
- 2) Oprava povrchů – oprava výtluků a kolejí pro zajištění průjezdnosti
- 3) Rekonstrukce zcela zničených úseků s návrhem konstrukce odpovídající průměrným zatížením na lesní cestu
- 4) Výstavba nových lesních cest – pro zajištění ideální hustoty LCS a tím rozložení dalšího případného extrémního zatížení

### 3. NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK

#### 3.1. Historie a vznik návrhových metod

Navrhování vozovek se provádí speciálními postupy takzvanými návrhovými metodami. První návrhové metody vycházely z experimentů a sledování vztahů mezi druhem a tloušťkou konstrukčních vrstev, dopravním zatížením a únosností podloží a nazývaly se empirické. První nejznámější empirické metody byly tzv. metoda skupinových indexů a metoda Kalifornského poměru únosnosti (CBR), které se ale zaměřovaly pouze na hodnocení podloží. Z výsledků experimentů byly vytvořeny grafy, nomogramy a tabulky, ze kterých se následně vycházelo při dalším a dalším navrhování. V důsledku vývoje automobilového průmyslu vznikly tzv. road testy. Nejznámější road test byl „AASHTO Road Test“, který probíhal od roku 1958 až do roku 1960 v Illinois v USA. Při tomto testu bylo vytvořeno několik okruhů o celkové délce 5 km, které se rozdělily do několika sekcí obsahující různé skladby konstrukcí vozovek a byly pojížděny stejnými vozidly se stejnou hmotností na nápravy. Výsledky a získané informace z tohoto road testu se staly základem pro rozvoj dalších metod a využívají se do dnes.

Díky rozvoji výpočetní techniky mohly vzniknout metody analytické, založené na teorii vrstevnatého poloprostoru. Ty ve své podstatě částečně vycházejí z metod empirických, jelikož modelují namáhání vozovky na základě známých únavových vlastností materiálů, které se zjistili pomocí experimentů a road testů. Metodou tedy vypočítáváme vznik únavové trhliny na spodním líci asfaltových vrstev způsobené opakovanými přejezdy náprav viz. obrázek 6. Díky těmto jevům vznikají únavové porušení, které se dalšími přejezdy rozšiřují a oslabují tím konstrukci vozovky.



Obrázek 6 Princip modelu analytické metody (Zajiček, 2016)

### 3.2.Návrhové metody v ČR

V České republice je všeobecně při návrhu komunikací využívána návrhová metoda popsána v technických podmínkách TP 170, která obsahuje katalogové listy obsahující skladby jednotlivých vozovek. Vstupními údaji pro určení správné skladby je dopravní význam komunikace, dopravní zatížení vyjádřené takzvané TNV (těžká nákladní vozidla), což znamená průjezd těžkých nákladních vozidel, únosnost podloží, klimatické podmínky a parametry konstrukčních vrstev.

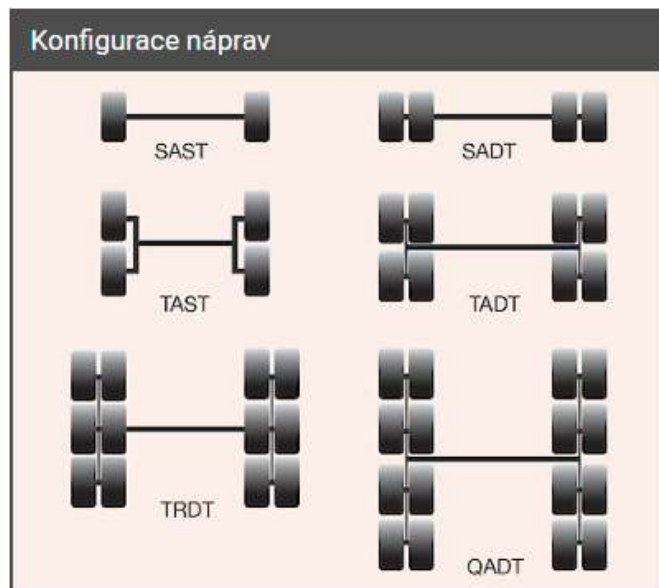
Návrh vozovek lesních cest se pak v České republice provádí třemi možnými způsoby.

- 1) Empiricky – metoda vychází ze znalosti a zkušenosti investora nebo projektanta. V návrhu se zohledňují veškeré známé podmínky – geologické, klimatické, intenzita dopravy a používané materiály. Tento způsob se v současné době užívá jen výjimečně.
- 2) Analyticky – založena na teorii vrstevnatého pružného poloprostoru. Speciálním SW se vymodeluje namáhání vrstev se zohledněním známých únavových vlastností materiálu.
- 3) Použití některého z publikovaných katalogů:
  - a) TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací (vydáno Ministerstvem dopravy)
  - b) TP Katalog vozovek polních cest (vydáno Ministerstvem zemědělství – Ústředním pozemkovým úřadem)
  - c) Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek nízkokapacitních komunikací – certifikovaná metodika. Ševelová 2015 (vydáno Mendelovou univerzitou Brno)

Nejčastějším způsobem návrhu lesní cesty v České republice je použití některých z katalogu vozovek. Nejčastěji pak TP Katalog vozovek polních a lesních cest, který se nejvíce přibližuje potřebám lesních cest. Třetí metoda Metodického průvodce z roku 2015 se dle mého názoru ještě moc neuchytila, jelikož je zapotřebí speciální SW a provést dynamické rázové zkoušky. Do budoucna nicméně předpokládám, že se tato metoda začne více využívat, jelikož její úspory v materiálech a dle mého názoru lepší vytvoření souvrství ze vstupních údajů je efektivnější než návrh dle katalogových listů.

### 3.3.Návrhové metody v zahraničí

Celkem zajímavou návrhovou metodu používají na Novém Zélandu. Návrhová metoda se nazývá ESA (Equivalent Standard Axles) a vychází z určení standartní nápravy se dvěma pneumatikami zatíženou 80 kN. Dále se vytvořil seznam standartních sad náprav (viz. obrázek 7) a pro jednotlivé typy náprav poté vytvořili tabulku (viz. obrázek 8), kde vyhodnotili, jak má být každá jednotlivá sada náprav zatížena tak, aby vyvozovala stejný účinek jako návrhová náprava s účinkem 80 kN. Následně díky výpočtovému vzorci lze tento účinek lehce přepočítat na počet přejetí návrhových náprav



Obrázek 7 Seznam standartních náprav s označením ( Forest Owners Association, 2020)

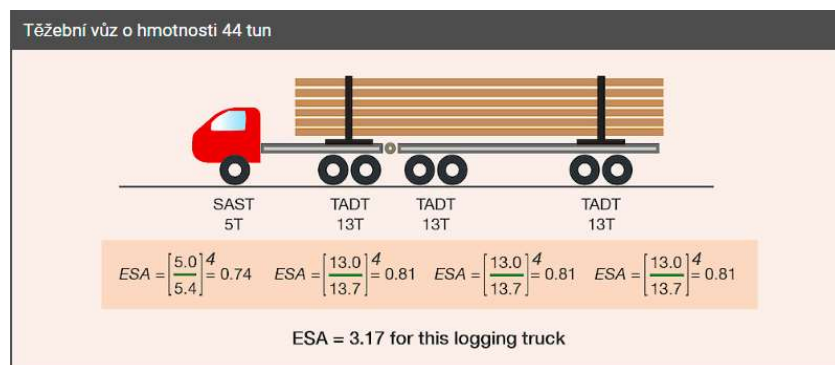
Zatížení nápravy způsobující ekvivalentní poškození		
Axle type	Standard load	
	kN	(T)
SAST	53	(5.4)
SADT	80	(8.2)
TAST	90	(9.2)
TADT	135	(13.7)
TRDT	181	(18.5)
QADT	221	(22.5)

Obrázek 8 Zatížení jednotlivých náprav ( Forest Owners Association, 2020)

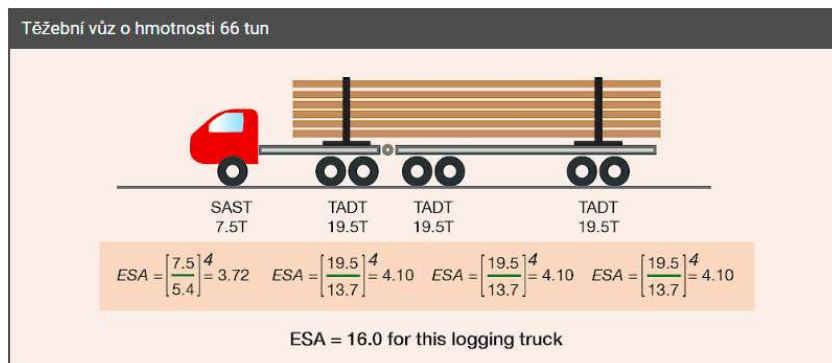
Výpočtový vzorec ESA:

$$ESA = \sum \left[ \frac{\text{Skutečné zatížení nápravy}}{\text{Standartní zatížení nápravy}} \right]^4 \quad [-]$$

Pro vyhodnocení této metody je důležité určení očekávaného objemu dřevní hmoty, sestavení a odhad vozidel pohybujících se po vozovce, a návrhová životnost. Z mého pohledu se pomocí této návrhové metody složitěji určuje návrh vozovky, a to hlavně z důvodu těžkého určení kolik a jakých druhů odvozních souprav nám po cestě bude jezdit. Nicméně je celkem dobře využitelná pro ověření právě vlivu určitých typů vozidel, a hlavně vlivu vozidel s více kolovými nápravami jako například na obrázku 9 a 10



Obrázek 9 Příklad výpočtu ESA – Vozidlo 44 tun ( Forest Owners Association, 2020)



Obrázek 10 Příklad výpočtu ESA – Vozidlo 66 tun ( Forest Owners Association, 2020)



Jelikož je v ČR povolené zatížení na návrhovou nápravu 100 kN přepočítal jsem pomocí trojčlenky hodnoty z Novozélandské tabulky při použití stejného označení. Díky této metodě a přepočítané tabulce 4 pro ČR lze následně jednoduše vypočítat vliv jakéhokoliv dopravního prostředku na konstrukci vozovky.

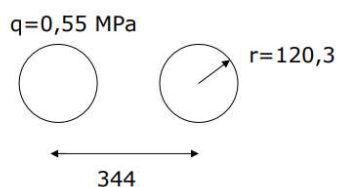
Tabulka 4 Zatížení jednotlivých druhů náprav pro vyvolání ekvivalentního účinku na vozovku

Typ nápravy	Zatížení	Hmotnost
	<u>kN</u>	t
SAST	66	6,6
SADT	100	10
TAST	113	11,3
TADT	169	16,9
TRDT	226	22,6
QADT	276	27,6

### 3.4. Dopravní zatížení

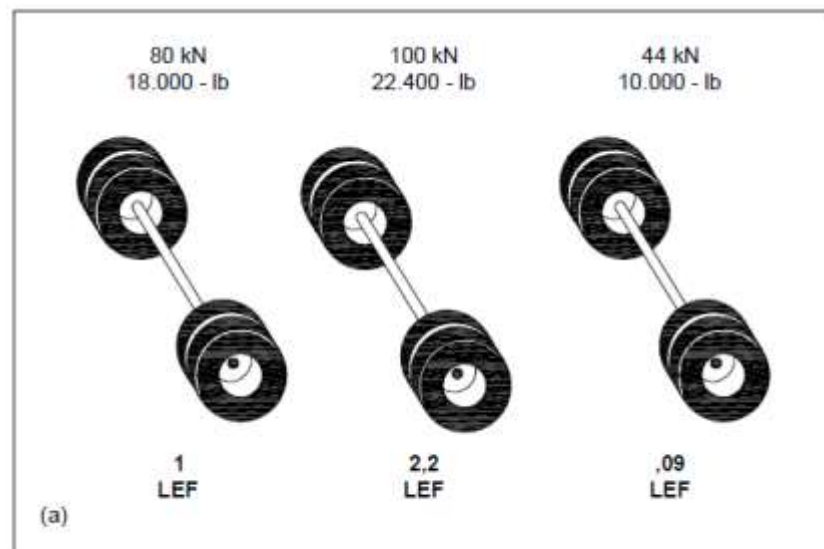
Dopravní zatížení je účinek každého vozidla na vozovku, které je dáno hmotností, počtem náprav a jejich rozmístěním. Životnost vozovky je poté dána schopností přenášet daný počet přejezdů těchto vozidel po dobu návrhového období. Abychom byli schopni vyjádřit vliv všech těchto přejezdů různých vozidel, byla definována tzv. návrhová náprava (viz. obrázek 11). Parametr zatížení na jednu takovou nápravu souvisí s nejvyššími povolenými hmotnostmi na nápravu, které jsou v různých zemích jiné. V ČR je takovéto zatížení 100 kN a je dáno vyhláškou č. 209/2018 Sb.

- Zdvojené pneumatiky na nápravě působící silou 100 kN



Obrázek 11 Definice návrhové nápravy (Kudrna, <http://lences.cz/studium/>, 2022)

Přepočet zatížení na jednotlivé nápravy je nejlépe vysvětlen a popsán v americké návrhové metodě z The Asphalt Institute. Na obrázku 12 vycházejícího právě z americké návrhové metody, jsou uvedeny přepočtové koeficienty, které definují, že přejezd nápravy zatíženou v USA nejvýše povolenou hodnotou 80 kN má stejný účinek, jako 2,2 přejezdu nápravy se zatížením 100 kN nebo jako 0,9 přejezdu nápravy se zatížením 44 kN. Z tohoto je patrné, že právě hmotnost vozidel velice výrazně ovlivňuje účinek přejezdu.



LEF - Load Equivalency Factor

Obrázek 12 Přepočtové koeficienty (Zajiček, 2016)

V ČR je možné tento účinek přepočítat pomocí vzorce uvedeným v TP170:

$$N_d = \sum_1^n \left( \frac{P_i}{100} \right)^B \quad [-]$$

Kde  $N_d$  je celkový počet návrhových náprav za období vážení, návrhových náprav za období (24 h, rok),  $n$  je počet jednotlivých náprav,  $P_i$  je hmotnost jednotlivých náprav v kN a  $B$  je mocnitél (nejčastěji 4). Tento vzorec je v podstatě využíván i v již zmíněné metodě ESA, nicméně zde není vytvořen seznam standartních náprav a není vytvořena tabulka účinků jednotlivých náprav, což má za následek, že tento vzorec je nepřesný, jelikož u dvojitě či trojitě nápravy jedou nápravy těsně za sebou a průhyb vozovky má pak jiný charakter. Nicméně je z tohoto vzorce jasně viditelné, že vliv zatížení roste exponenciálně (mocninou  $B$ ).

Dalšími faktory, které mají výrazný vliv na životnost vozovky jsou typ a tloušťka konstrukčních vrstev, únosnost podloží, rychlost jízdy vozidel, teplota, rozložení náprav, tlak v pneumatikách. Tyto faktory se návrhová metoda uvedená v TP170 snaží započítat pomocí přepočtových koeficientů pomocí vzorce:

$$N_{cd} = C_2 * C_3 * C_4 * TNV_{cd} \quad [-]$$

Kde  $N_{cd}$  je návrhová hodnota celkového počtu návrhových náprav za návrhové období,  $C_2$  je součinitel vyjadřující fluktuaci stop vozidel,  $C_3$  je součinitel spektra hmotnosti náprav těžkých nákladních vozidel vyjadřující vliv různých zatížení,  $C_4$  je součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu vozidel na vozovce a  $TNV_{cd}$  je návrhová hodnota celkového počtu přejezdů vozidel za návrhové období

TP170 počítají i s přepočtovým koeficientem  $C_1$  což je součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu a závisí na počtu jízdních pruhů. U lesních cest je tento koeficient většinou bezpředmětný jelikož se jedná o jednoruhové komunikace kde koeficient nabývá hodnoty 1.

Zmíněné TNV, neboli intenzita těžkých nákladních vozidel, vychází z určení denní intenzity TNV, která vychází především z dopravních průzkumů zaznamenávající určité typy vozidel. Toto se následně přepočítává pomocí daných přepočtových koeficientů dle vzorce:

$$TNV_0 = 0,1N1 + 0,9N2 + PN2 + N3 + PN3 + 1,3NS + A + PA \quad [vozidel/den]$$

Kde  $N1$  jsou lehká nákladní vozidla do 3 t ve vozidlech/den,  $N2$  jsou střední nákladní vozidla 3-10 tun ve vozidlech/den,  $PN2$  jsou přívěsy středních nákladních vozidel ve vozidlech/den,  $N3$  jsou těžká nákladní vozidla nad 10 tun + tahačů návěsů ve vozidlech/den,  $PN3$  jsou přívěsy těžkých nákladních vozidel ve vozidlech/den,  $NS$  jsou návěsy ve vozidlech/den,  $A$  jsou autobusy ve vozidlech/den a  $PA$  jsou přívěsy autobusů ve vozidlech/den.

Bohužel nikde není definováno, co to TNV vlastně je ani jak se k daným koeficientům došlo. Toto je jeden z důvodů, proč jsou již v dnešní době technické podmínky TP170 v revizi. Dalším z důvodů je také jejich nepřehlednost a chaotičnost, kde se musí pro získání různých součinitelů a členů rovnic přeskokovat ze strany na stranu.

### 3.4.1. Dopravní mechanizace a její vliv na LCS

Na lesních cestách se pohybuje široké spektrum motorových i nemotorových účastníků provozu zahrnující jak odvozní a vyvážecí soupravy, traktory a osobní automobily tak i cyklisty a pěší. Příklady těch největších můžeme vidět vypsány v uvedené tabulce 5.

Tabulka 5 Příklady hmotností vozidel pohybujících se na lesních cestách (ZLATUŠKA, 2020)

Druh vozidla	Hmotnost vozidla (t)		Příklad vozidla
	prázdné	naložené	
jízdní souprava pro odvoz dříví	30	54	TATRA
vyvážeč	13–22	22–41	John Deere
nákladní vozidlo pro odvoz dříví	17	50	„osmikola“ TATRA T158
rypadlo	13–40	-	Caterpillar

Největší dopad na stav lesních cest má však pohyb odvozních souprav. Dle normy ČSN 73 6108 je za směrodatné vozidlo považováno nákladní vozidlo délky 21 m s maximálním zatížením nápravy do 100 kN (10 t). Dle vyhlášky 209/2018 je nejvyšší povolená hmotnost jízdní soupravy 48 tun, což znamená při uvažování obvyklých hmotností velkých odvozních souprav s hydraulickou rukou naložení cca 32 m<sup>3</sup> smrkových výřezů.

### 3.4.2. Nejpoužívanější soupravy pro odvoz dřevní hmoty

Pro reálnou představu zatěžování lesních cest jsem si vyhledal nejpoužívanější nákladní vozidla a odvozní soupravy a pomocí metody ESA vypočítal jejich účinky na vozovku.

Nákladní vozidla používaná pro odvoz dřevní hmoty jsou:

#### 1. Kontejnerové nosiče

Slouží pro odvoz drobných výřezů a menších objemů dřevní hmoty. Jako příklad jsem vybral Mitsubishi CANTER. Nosnost tohoto vozidla je 3,4 tuny při čemž samotné vozidlo váží 5,5 tuny.

$$ESA = \left[ \frac{2,5}{6,6} \right]^4 + \left[ \frac{6,4}{10} \right]^4 = 0,19$$

Z toho vyplývá, že toto vozidlo působí na vozovku jako 0,19 návrhové nápravy



Obrázek 13 Mitsubishi CANTER (zdroj: vlastní fotografie)

## 2. Valníky

Slouží pro odvoz středních objemů dřevní hmoty. Jako příklad tokového to vozidla bych uvedl sice starší, zato vhodné vozidlo do lesních podmínek a to Tatra 111. Nosnost tohoto vozidla byla konstruována na 8-10 tun, při čemž samotné vozidlo vážilo 8,5 tuny.

$$ESA = \left[ \frac{3}{6,6} \right]^4 + \left[ \frac{15,5}{16,9} \right]^4 = 0,75$$

Z toho vyplývá, že toto vozidlo působí na vozovku jako průjezd 0,75 návrhových náprav, a to hlavně z důvodu dvojitě dvoukolové nápravy pod nákladem



Obrázek 14 Tatra 111 (Wikipedie, 2021)

### 3. Odvozní soupravy

#### a) Přívěsová souprava

Přívěsová odvozní souprava se skládá z tažného motorového vozidla a přípojného nemotorového vozidla, takzvaného přívěsu. Ve většině případech tažné motorové vozidlo disponuje ložnou plochou pro dřevní hmotu, jak je vidět na obrázku 15. Nejvyšší technicky přípustná hmotnost tažného vozidla je 30 t. Největší technicky přípustná hmotnost naložené soupravy je 54 t. Nejvyšší dovolená hmotnost dle legislativy je 48 t.

$$ESA = \left[ \frac{6}{6,6} \right]^4 + \left[ \frac{14}{16,9} \right]^4 + \left[ \frac{14}{10} \right]^4 + \left[ \frac{14}{16,9} \right]^4 = 5,5$$

Z toho můžeme pomocí ESA vypočítat, že účinek odvozu soupravy naložené dle legislativy je jako cca 5,5 přejezdů návrhové nápravy.



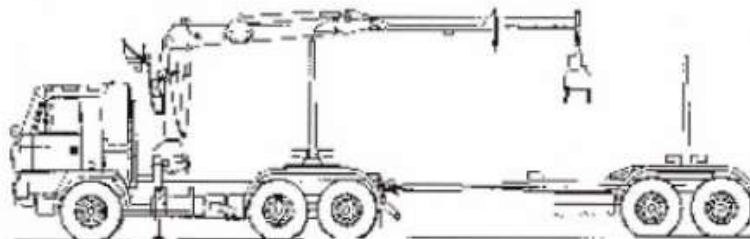
Obrázek 15 Přívěsová odvozní souprava (zdroj: [www.tatra.cz](http://www.tatra.cz))

### b) Polopřívěsová

Polopřívěsová odvozní souprava se skládá z tažného motorového vozidla a přípojného nemotorového vozidla, takzvané polopřívěsu. Tažné motorové vozidlo musí být uzpůsobeno tak, aby mohl polopřívěs přenést část zatížení na zadní nápravu, jak je vidět na obrázku 16. Nejvyšší technicky přípustná hmotnost tažného vozidla je 30 t. Největší technicky přípustná hmotnost naložené soupravy je 54 t. Nejvyšší dovolená hmotnost dle legislativy je 48 t.

$$ESA = \left[ \frac{6}{6,6} \right]^4 + \left[ \frac{21}{16,9} \right]^4 + \left[ \frac{21}{16,9} \right]^4 = 5,5$$

Z toho můžeme pomocí ESA vypočítat, že účinek odvozu této soupravy naložené dle legislativy je jako cca 5,5 přejezdů návrhové nápravy.



Obrázek 16 Polopřívěsová odvozní souprava (Šimanov & Kohout, 2004)

### c) Návěsová

Návěsová odvozní souprava se skládá z tažného motorového vozidla a přípojného nemotorového vozidla, takzvaného návěsu. Tažné motorové vozidlo v tomto případě nedisponuje ložnou plochou pro dřevní hmotu, ale návěs přenáší část zatížení od nákladu na zadní nápravy tažného vozidla, jak je vidět na obrázku 17. Největší technicky přípustná hmotnost naložené soupravy je 54 t. Nejvyšší dovolená hmotnost dle legislativy je 48 t.

$$ESA = \left[ \frac{6}{6,6} \right]^4 + \left[ \frac{21}{16,9} \right]^4 + \left[ \frac{21}{16,9} \right]^4 = 5,5$$

Z toho můžeme pomocí ESA vypočítat, že účinek odvozu této soupravy naložené dle legislativy je jako cca 5,5 přejezdů návrhové nápravy.



Obrázek 17 Návěšová odvozní souprava (zdroj: vlastní fotografie)

Tabulka 6 Souhrnná tabulka účinků naložených vozidel

Vozidlo	Hmotnost naloženého vozidla dle legislativy	Účinek naloženého vozidla dle legislativy
Kontejnerový nosič	8,9 t	0,19 přejezdů návrhové nápravy
Valník	18,5 t	0,75 přejezdů návrhové nápravy
Přívěšová souprava	48 t	5,5 přejezdy návrhové nápravy
Polopřívěšová souprava	48 t	5,5 přejezdů návrhové nápravy
Návěšová souprava	48 t	5,5 přejezdů návrhové nápravy

Uvedené hodnoty účinků návrhových náprav jsou za předpokladu, že vozidla jezdí nepřetížena. V souvislosti s kalamiťnými stavy je násobně zvýšený počet přejezdů, navíc ale ve většině případech jsou vozidla přetížena. Dle informací od kolegů z LČR jsou i případy, kdy při probíhající kalamiťě byl náklad 40-45 m<sup>3</sup> což je dle tabulky 7 cca 30–35 t jen nákladu s připočtením váhy vozidla je to cca 55-60 t. Při přepočtu pomocí ESA zjistíme, že účinek odvozu takové to hmotnosti je jako cca 15 přejezdů návrhové nápravy, což znamená skoro 3krát více než při naložení povolené hmotnosti.



Tabulka 7 Přibližné hmotnosti dřevní hmoty na m<sup>3</sup> (Němec, 1964)

Dřevina	kg/m <sup>3</sup>		
	čerstvé	na vzduchu vyschlé	uměle dosušené
Borovice lesní	700	520	510
Bříza	940	600	590
Buk	990	720	570
Douglaska	910	570	550
Dub cer	1110	850	730
Dub letní a zimní	1000	760	660
Jedle	1000	460	420
Lípy	730	520	420
Modřín	760	600	460
Olše	690	520	430
Smrk	740	470	440
Topol černý	840	450	370
Vrby	1000	460	370

### 3.4.3. Určení dopravního zatížení lesních cest pro návrh vozovky

Jelikož se jedná o takzvané. nízkokapacitní vozovky, žádné sčítání dopravy zde neprobíhá a setkávám se v praxi s tím, že se dopravní zatížení určí empiricky pouze zařazením do třídy dopravního zatížení VI., V. nebo ve výjimečných případech IV.

V Katalogu vozovek polních cest byl pro účely polních cest odvozen vzorec, který vychází z velikosti svozové plochy a přepravovaných hmot z 1 ha.

$$TNV_k = \frac{k * T}{R} \quad [\text{vozidel/návrhové období}]$$

Kde k je koeficient dle TSm-0-039AGP (konstanta 0,14), T je celkový objem dopravovaných hmot a R je provozní doba polní cesty za rok.

Z důvodu velmi malých a nepravidelných intenzit dopravy na lesních cestách je nereálné vycházet při určování TNV ze sčítání dopravy. Naopak je vhodné využít pro výpočet množství přepravovaných hmot a z její prognózy.

Výpočet TNV je podrobně rozebrána v publikaci „Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě“ od doc. Ing. Karla Zlatušky, CSc a vychází z již zmíněného obecného vzorce dle TP 170.

Výpočet redukuje uvedený obecný vzorec za následujících citovaných předpokladů:

- objem mýtních těžeb a probírek bude po 20 let stejný,
- naložená odvozní souprava se uvažuje jako návěsová souprava; vzhledem k obvyklým hmotnostem odvozních souprav (26 t) se uvažuje náklad listnatého dřeva 24 m<sup>3</sup> (24 t á 1 000 kg/m<sup>3</sup> pro buk) nebo 32 m<sup>3</sup> jehličnatého dřeva (24 t á 750 kg/m<sup>3</sup> pro smrk);
- prázdná odvozní souprava se uvažuje jako těžké nákladní vozidlo N3 bez přívěsu;
- dopravní obsluha dalších lesnických výkonů (soustředování dříví, údržba lesních cest, obnova, výchova a ochrana lesa apod.) se uvažuje ve výši +200 % těžkých nákladních vozidel bez přívěsu;
- doprava stavebních materiálů pro rekonstrukci cest je uvažována ve skutečné navrhované délce úseku pro jednotkovou hmotnost 5 t/m v obou směrech (4,5 m šířky x 0,5 m tloušťka vozovky x 1,8 t/m<sup>3</sup> + 1 t/m hmotnosti stavebních strojů). Předpokládá se, že skutečné nákladní vozidlo bude shodné s normovým těžkým nákladním vozidlem a že toto vozidlo bude použito bez přívěsu;
- alternativně doprava stavebních materiálů pro další stavby pro plnění funkcí lesa, zejména hrazení bystřin a strží a výstavbu malých vodních nádrží v lesích;
- dopravní obsluha v rámci plnění mimoprodukčních funkcí (zejm. rekreační využití) lesa se neuvažuje;
- dopravní obsluha v rámci plnění správní a kontrolní činnosti se neuvažuje.

Na vzorec:

$$TNV_0 = 3N_3 + 1,3NS + 2N_{3-stavba} \quad [vozidel/den]$$

Kde  $N_{3-stavba}$  je intenzita provozu těžkých nákladních vozidel pro rekonstrukci lesních cest, ostatní je shodné jako u vzorce v kapitole 3.4

Celkový počet TNV za návrhové období vypočítáme vzorcem:

$$TNV_{cd} = 365 * TNV_0 * t_d \quad [vozidel/návrhové období]$$

(ZLATUŠKA, 2020)

Pro zjištění plochy je zapotřebí prostorového rozdělení komplexu lesa, které je dáno morfologií terénu. Dřevní hmota je ve většině případech gravitována ze svahu dolů, což znamená, že rozdělení komplexu určují vrstevnice, jak je možné vidět na obrázku 18.



Obrázek 18 Způsob rozdělení lesa a lesních cest pro výpočet dopravního zatížení (ZLATUŠKA, 2020)

Dalšími potřebnými daty jsou objemy mýtních těžeb za návrhové období. Tyto data lze získat z Lesního hospodářského plánu nebo z Lesní hospodářské osnovy. Bohužel při kalamitním stavu, který nastal nyní, lze jen těžko odhadnout výši těžeb pro určitou oblast. Nicméně lze jednoduše určit z výše uvedeného vzorce hodnotu  $TNV_0$  pro odvoz  $32 \text{ m}^3$  smrkového dřeva. V tomto případě za  $N_3$  dosadíme hodnotu 1 a za  $N_S$  také. Hodnotou  $N_{3\text{-stavba}}$  nebudeme v tomto případě uvažovat.

$$TNV_0 = 3 * 1 + 1,3 * 1 = 4,3$$

Z toho vyplývá že hodnota  $TNV_0$  pro odvoz  $32 \text{ m}^3$  (1 odvozní soupravy) je rovna 4,3 vozidel/den. Tento přepočítání bude dále použito pro vyhodnocení naměřených výsledků z rázové zkoušky.

Bohužel jak již bylo zmíněno nikde není definováno, jak takové  $TNV$  vypadá, kolik má a jakých náprav. Proto při snaze porovnání výsledku například s hodnotami vycházejícími z výpočtu dle Novo Zélandské metody ESA, kdy nám jen účinek jedné naložené soupravy vychází jako účinek 5,5 návrhových náprav, není zřejmé, jestli se náhodou česká verze určování účinků na komunikaci neliší o bezmála polovinu. Tato téze je však na větší prozkoumání, nicméně je nutno ještě podotknout, že metoda ESA je velmi podobná svou metodikou vzorci používaném v ČR na určení účinků od nápravy.

## 4. ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI

Pro ověření únosnosti a zbytkové životnosti vozovek lesních cest s různými konstrukcemi vozovek a dopravním zatížením a po určité době využívání bylo využito rázového zatěžovacího zařízení FWD. Měření tímto zařízením bylo provedeno dle normy ČSN 73 6192 – rázová zařízení skupiny A.

Měřeny byly celkem 3 lesní cesty na území lesní správy Chocně, a to LC Třetí cesta, LC Karlštejnská a LC Magistrála. Podklady pro vyhodnocení, jako například projektová dokumentace či výše těžeb v daných lokalitách, byly poskytnuty pracovníkem LČR zabývajícím se stavební činností na LS Chocně.

### 4.1. Popis zařízení

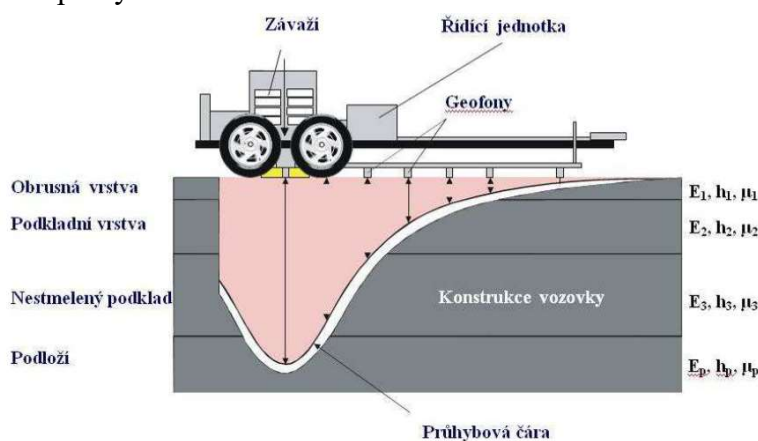
Veškeré součásti potřebné k vyvolání rázu a změření odezvy konstrukce vozovky je umístěno na konstrukci rámu přívěsného vozíku. Je tedy taženo za automobilem a z důvodu hmotnosti je vybaveno brzdícím systémem. Pro vyvolání rázu je zde soustava závaží s pomocnou hydraulikou, která má za úkol pokládat zatěžovací desku společně s měřícím ústrojím na povrch vozovky a zvedat a spouštět závaží na zatěžovací desku o průměru 300 mm. Zatěžovací deska je vybavena tlumícím systémem, na který již zmíněné závaží dopadá a vyvolává tím potřebný ráz do konstrukce vozovky. Měřící soustava se skládá z nosníků geofonů, samotných geofonů a ze snímače síly. Celý tento systém je poháněn benzínovým agregátem a vše je propojeno řídicí elektronikou, ke které je nutno připojit notebook s příslušným SW pro zaznamenávání hodnot. Součástí námi použitého zařízení byla ještě minikamera pozorující povrch vozovky pod zatěžovací deskou.



Obrázek 19 Použité rázové zařízení FWD (zdroj: vlastní fotografie)

## 4.2. Princip zkoušky

Zkouška spočívá ve vyvolání předem určeného impulzu (u netuhých vozovek 50 kN – ½ návrhové nápravy) pomocí volně padajícího závaží na předem položenou desku s tlumícím systémem a změření odezvy (průhybu) konstrukce vozovky pomocí předem položených geofonů umístěných ve vzdálenosti 0 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm, 1800 mm a 2100 mm od zatěžovací desky. Odezva vozovky je následně vyjádřena pomocí průhybové čáry. Celý tento proces má co nejlépe znázornit odezvu celé konstrukce na projetí 1 návrhové nápravy.



Obrázek 20 Grafické znázornění fungování FWD (Kudrna, 2007)

## 4.3. Postup měření

- 1) Změření teploty – dle ČSN 73 6192 je vždy nutné před začátkem a následně nejméně jednou za 2 hodiny nebo při změně teploty o 4 °C změřit teplotu okolního prostředí a v konstrukci vozovky.
- 2) Domluvení programu měření – rozdělení úseků na homogenní úseky, a to dle typu a tloušťky konstrukce a dle dopravního zatížení a stanovit hustotu vzorkování.
- 3) Spuštění a kalibrace – při nastartování agregátu a spuštění systému je nutné nechat agregát zahřát a nechat zkalibrovat měřicí čidla (teploměr). Následně je vhodné postupné zatěžování a prozkoušení celého hydraulického systému.
- 4) Umístění a nastavení – přístroj umístíme středem zatěžovací desky nad zkušební místo a nastavíme požadované parametry pomocí SW v notebooku. Důležité je nastavení počtu opakování (min. 3) a nastavení hodnoty impulzu (u netuhých vozovek 50 kN).

- 5) Spuštění a průběh – při spuštění sekvence měření nejprve přístroj položí zatěžovací desku společně s měřícím rámem obsahující geofony na povrch vozovky a následně pomocí hydrauliky vyzdvihne po vodící tyči závaží, které po dosažení správné výšky pro vyvolání požadovaného impulzu pustí volným pádem na tlumící systém zatěžovací desky. Tento postup provede tolikrát, kolikrát jsme nastavili sekvenci měření.
- 6) Záznam z měření – u každé rázové zkoušky je zapotřebí zaznamenat tyto údaje:

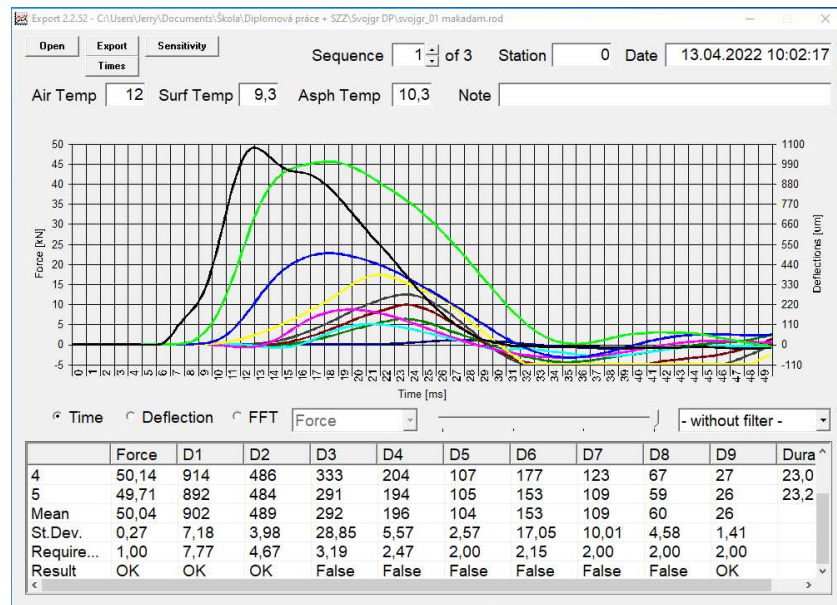
- datum a čas provádění měření
- údaje o teplotách
- údaje o počasí a jeho změnách v průběhu měření
- jména osob provádějící měření
- lokalizaci měřeného úseku (číslo komunikace, místopis, GPS)
- staničení zkušebního místa
- vzdálenost všech snímačů průhybů od středu zatěžovací desky
- počet akceptovaných zatěžovacích cyklů
- amplitudy rázových pulzů zatěžovacích cyklů
- hodnoty průhybů získané jednotlivými snímači
- další důležité okolnosti nezbytné pro vyhodnocení

Kromě počasí, osob provádějící měření a lokalizaci úseku nám tyto údaje zaznamenává přímo měřící zařízení.

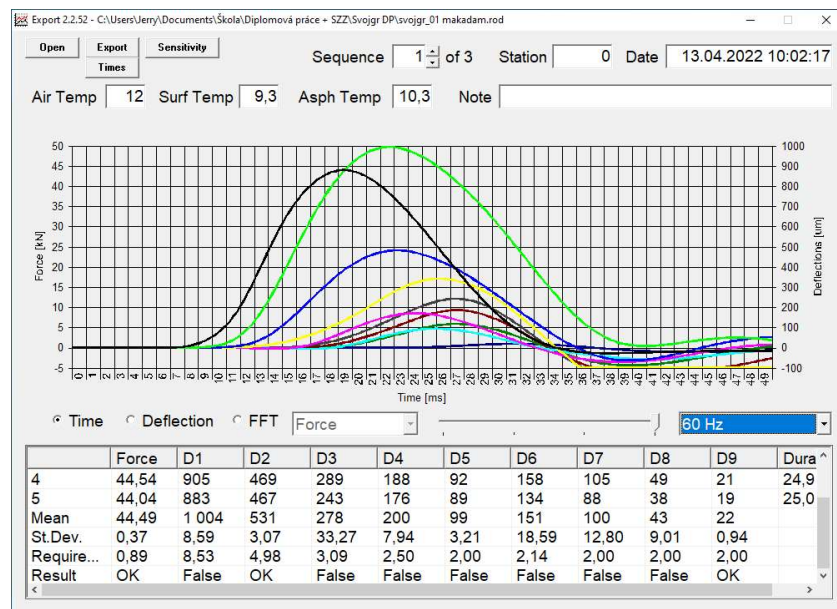
Při měření je také důležité průběžně sledovat naměřené hodnoty. Na lesních cestách je velké množství nerovností od šišek a větví, po vystouplé jednotlivé kameny u nestmelených vrstev. Všechny tyto eventuality ovlivňují naměřené hodnoty. V neposlední řadě také díky těmto eventualitám může některý z geofonů vyskočit ze své pozice a je nutné jej opětovně usadit.

## 4.4. Vyhodnocení měření

Ovládání i záznam dat z přístroje zajišťuje software s názvem „Deflectometer“, ze kterého získáme soubory s koncovkou .rod, obsahující veškerá data z měření. Tyto data je nutné pomocí software s názvem „Export“ vyladit pomocí filtrů. V našem případě byl použit filtr 60 Hz. Rozdíl je patrný na obrázku 21 a 22.



Obrázek 21 Export dat – bez filtru



Obrázek 22 Export dat – s filtrem

Následně data vyexportujeme a získáme soubory s koncovkou .ddx, které následně otevřeme pomocí vyhodnocovacího softwaru „DG Laymed FWD“. Při nahrání souboru software zobrazí základní data jako je název akce dle názvu souboru, počet a vzdálenost geofonů od zatěžovací desky a staničení měřeného úseku. Ostatní data musíme doplnit. Software obsahuje záložky „Identifikace“, „Zařízení“, „Konstrukce“, „Sčítání dopravy“ a „Stavební úpravy“. Záložka „Identifikace“ obsahuje popis akce včetně všech dat o měřeném úseku a zkoušejícím (viz. obrázek 23)

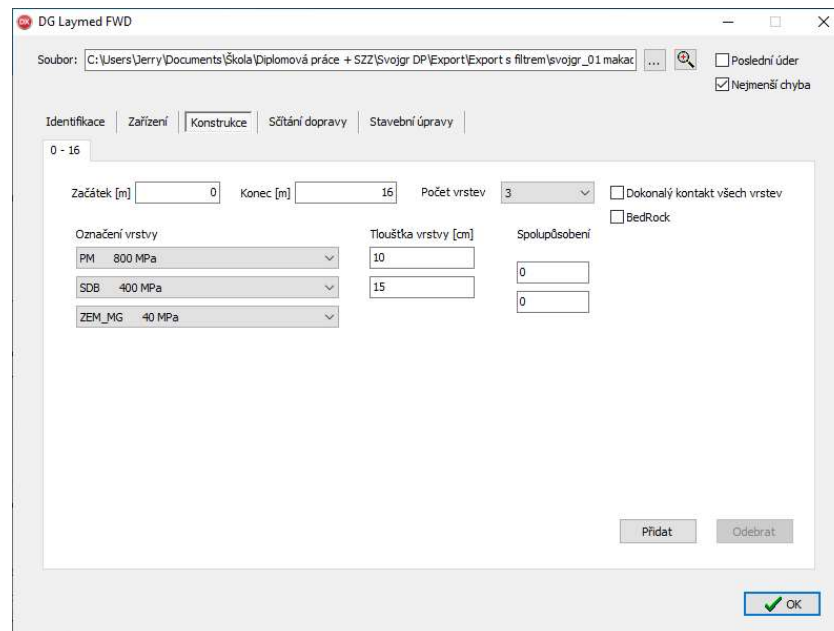
Obrázek 23 DG Laymed – záložka identifikace

Záložka „Zařízení“ obsahuje údaje o zařízení jako vzdálenost geofonů, průměr zatěžovací desky, počet snímačů a normativní zatížení (viz obrázek 24)

Obrázek 24 DG Laymed – záložka Zatížení

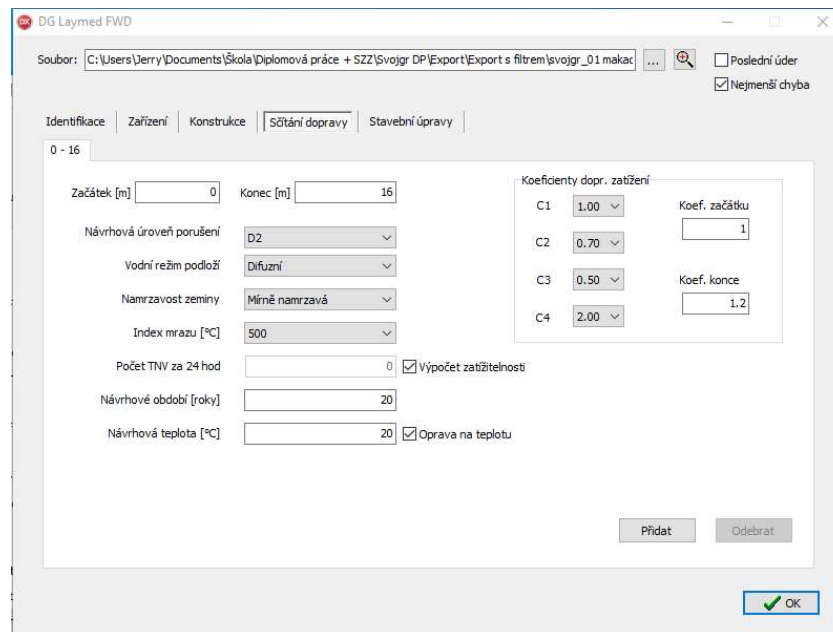


V záložce „Konstrukce“ je nutné zadání dat o konstrukci měřeného úseku (viz. obrázek 25). V našem případě budeme vycházet z předpokladu, že stavba byla provedena přesně podle projektové dokumentace. V praxi se však pro získání co nejpřesnějších dat využívají vrtané sondy, jelikož je zde důležité správné nastavení podloží, mocností vrstev a spolupůsobení těchto vrstev.



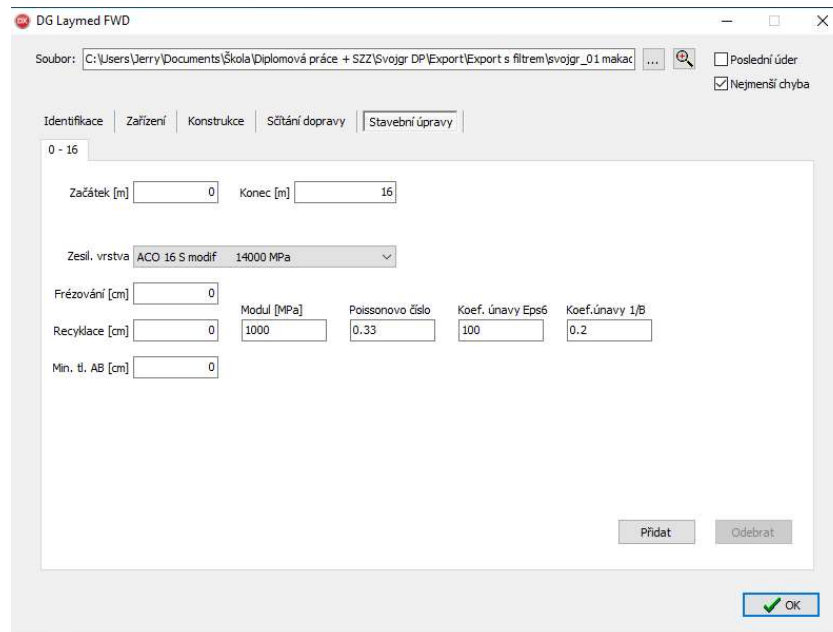
Obrázek 25 DG Laymed – záložka Konstrukce

Další důležitou záložkou je „Sčítání dopravy“. Zde je nutné doplnění veškerých údajů souvisejících se zatěžováním (viz. obrázek 26). Při vyhodnocování naměřených dat budou zadávány hodnoty návrhového porušení D2, jelikož se jedná o účelovou komunikaci. Vodní režim a namrzavost byla zadána vždy z dat dostupných z geologického průzkumu. Hodnoty C1 – C4 byli doplněny dle TP 170. Hodnota C1 vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu byla zadána 1, jelikož se jedná o jednopruhovou komunikaci. Hodnota C2 vyjadřující fluktuaci stop TNV byla zadána 0,70, jelikož se jedná o komunikaci s úrovní porušení D2. Hodnota C3 vyjadřující spektrum hmotnosti náprav TNV byla zadána 1, jelikož se jedná o netuhé vozovky velmi nepříznivě zatížené. Hodnota C4 vyjadřující pomalou a zastavující dopravu, byla zadána 2, jelikož se jedná o vozovky s pohybem vozidel do 50 km/h s častým zastavováním a rozjížděním. Koeficienty předpokládaného navýšení dopravního zatížení byly zadány s hodnotami 1 z důvodu, že se nepředpokládá postupné navýšování dopravního zatěžování. Pro vyhodnocení výsledků byl dále zadán požadavek na výpočet zatížitelnosti.



Obrázek 26 DG Laymed – záložka Sčítání dopravy

Poslední záložkou je záložka „Stavební úpravy“ (viz. obrázek 27). Tato záložka slouží k návrhu případných stavebních úprav formou např. zesílení konstrukce. V této práci se tato záložka vůbec nevyužila.



Obrázek 27 DG Laymed – záložka Stavební úpravy

Po zadání všech nutných údajů nám software vygeneruje excelovskou tabulku s veškerými potřebnými údaji pro vyhodnocení. Jak je vidět na obrázku 28 a 29 software nám vyhodnocuje veškeré potřebná data k vyhodnocení konstrukce vozovky.

svojgr_01 makadam														
Poloměr zat. desky: 150 mm														
Referenční teplota: 15°C														
Normováno na: 50 kN														
Staničení [m]	Číslo podúseku	Zatížení [MPa]	Naměřené průhyby [μm]									Moduly pružnosti [MPa]		
			0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100	PM [10 cm]	SDB [15 cm]	Podloží ZEM_MG
0	1	0,707	1073	560	257	200	97	135	87	34	23	1600	46	97
10	1	0,707	1349	750	403	263	99	99	46	32	24	1600	25	87
16	1	0,707	1756	763	591	549	465	365	54	43	93	78	1200	37
<b>Statistické zpracování:</b>														
Průměr:	1	0,707	1393	691	417	337	220	199	63	36	47	1093	424	73
Minimum:	1	0,707	1073	560	257	200	97	99	46	32	23	78	25	37
Maximum:	1	0,707	1756	763	591	549	465	365	87	43	93	1600	1200	97
Sm. odchylk	1	0,000	280	93	137	152	173	118	18	4	33	717	549	26
85% kvantil:	1	0,707	1634	759	535	463	355	296	77	40	72	535	31	52
50% kvantil:	1	0,707	1349	750	403	263	99	135	54	34	24	1600	46	87

Obrázek 28 Vyhodnocení výsledků z DG Laymed 1/2

svojgr_01 makadam																					
Návrhová úroveň porušení: D2																					
Délka návrhového období: 20																					
Výpočet zatížitelnosti vozovky																					
Zbytková životnost	Zatížitelnost	Klasifikační třída	Kritická vrstva	TNV lim	Relativní porušení	TNV dovolené	Rel. por. dovolené	Chyby			Vypočtené průhyby [μm]										
								Eps1	Eps2	EpsZ	Průměr [%]	Průměr [um]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
20.0	5	1	3	48232	1,000	40997	0,850	7,25E-04	3,47E-04	-8,63E-04	31,47	26,88	1084	516	304	194	112	84	68	57	49
20.0	6	1	3	61283	1,000	52091	0,850	8,78E-04	2,85E-04	-8,22E-04	37,50	26,08	1385	694	405	243	122	91	75	63	55
20.0	0	1	3	3766	1,000	3201	0,850	0,00E+00	5,45E-04	-1,44E-03	68,73	72,78	1753	795	642	511	335	238	184	151	129
20.0	4	1	3	37760	1,000	32096	0,850	5,34E-04	3,92E-04	-1,04E-03	45,90	41,91	1408	668	450	316	190	138	109	91	78
20.0	0	1	3	3766	1,000	3201	0,850	0,00E+00	2,85E-04	-1,44E-03	31,47	26,08	1084	516	304	194	112	84	68	57	49
20.0	6	1	3	61283	1,000	52091	0,850	8,78E-04	5,45E-04	-8,22E-04	68,73	72,78	1753	795	642	511	335	238	184	151	129
0.0	3	0	0	24621	0,000	20928	0,000	3,83E-04	1,11E-04	2,81E-04	16,33	21,83	274	115	141	139	103	71	53	43	36
20.0	2	1	3	17106	1,000	14540	0,850	8,32E-04	4,86E-04	-1,26E-03	59,36	59,01	1643	765	571	431	271	194	152	125	106
20.0	5	1	3	48232	1,000	40997	0,850	7,25E-04	3,47E-04	-8,63E-04	37,50	26,88	1385	694	405	243	122	91	75	63	55

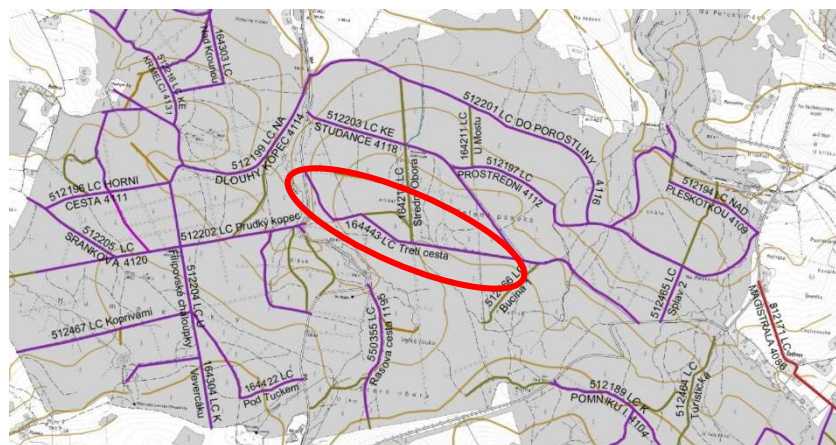
Obrázek 29 Vyhodnocení výsledků z DG Laymed 2/2

## 5. VLASTNÍ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

### 5.1.LC Třetí cesta

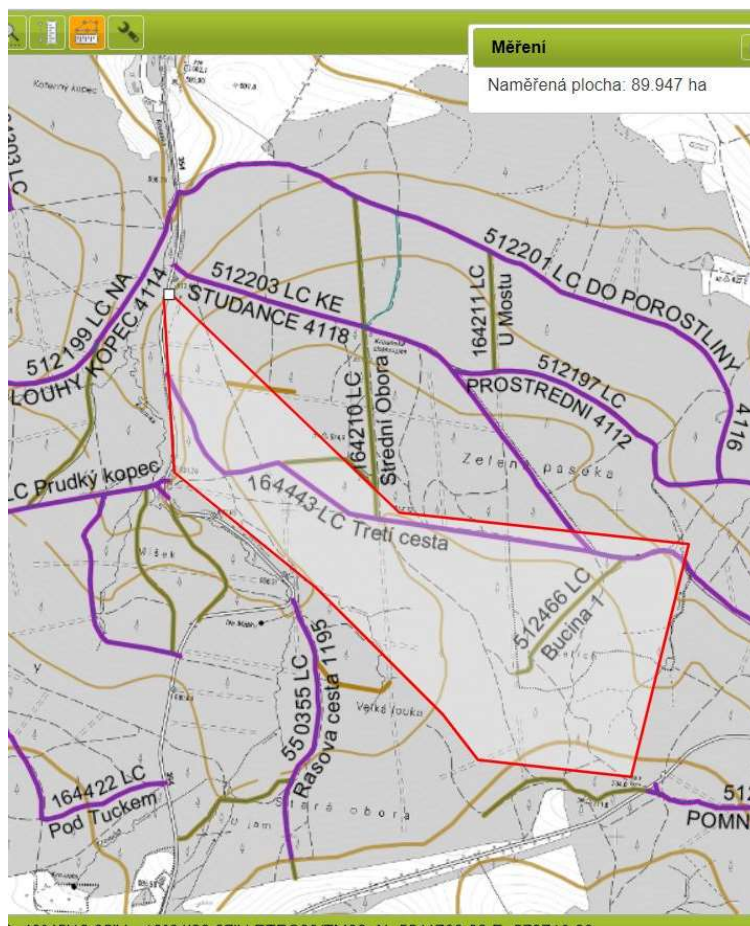
Lesní cesta se nachází mezi obcemi Koruna a Svratouch v Pardubickém kraji. Rekonstrukce lesní cesty proběhla dle projektové dokumentace v srpnu 2018 a její povrch tvoří vibrovaný štěrk a penetrační makadam. Pro určení mocnosti a složení konstrukčních vrstev bylo vycházeno z předpokladu, že stavba proběhla přesně dle předložené projektové dokumentace, proto zde nebyly prováděny průzkumné vrty. Při zpracování projektové dokumentace byl proveden i geologický průzkum, kterým bylo zjištěno, že v měřených úsecích se nachází střední až hrubé hlinité pisky SM bez podzemní vody. Podloží tedy tvoří zeminy namrzavé s difuzním vodním režimem.

Lesní cesta je dle parametrů zařazena do kategorie 2L a tvoří jednu z hlavních odvozních cest z dané lokality, jak můžeme vidět na obrázku 30.



Obrázek 30 Lesní cestní síť v oblasti LC Třetí cesta

Rozdělením komplexu lesa dle jeho členitosti a vrstevnic bylo zjištěno, že cesta obhospodaruje gravitační celek o celkové ploše 90 Ha. Tato plocha vychází z předpokladu, že okolní lesní cesty jsou v bezvadném stavu a mohou být plně využity k vývozu dřevní hmoty.



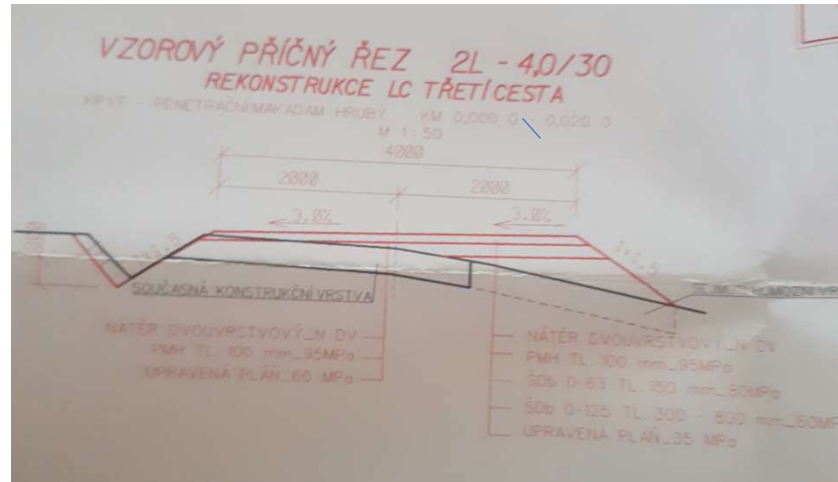
Obrázek 32 Gravitační plocha LC Třetí cesta

Tato cesta s nestmeleným povrchem byla vybrána i z důvodu zjištění, jaké zde přístroj naměří hodnoty, se kterými by se dalo nějakým způsobem v praxi pracovat. Lesní cesta byla rozdělena na pět úseků dle obrázku 31 a měření probíhalo vždy po 25 m pro získání přesnějších dat na srovnání.



Obrázek 31 Rozdělení LC Třetí cesta na úseky

Úsek č. 1 tvoří sjezd na silnici II třídy číslo 354 s konstrukčními vrstvami viz. obrázek 33 v celkové délce 16 m. Zde byly naměřeny celkem 3 body. Toto měření bylo v první řadě jako zkušební a také pro získání dat rozdílných povrchů na stejné komunikaci, která byla realizována ve stejném období stejnou realizační firmou.



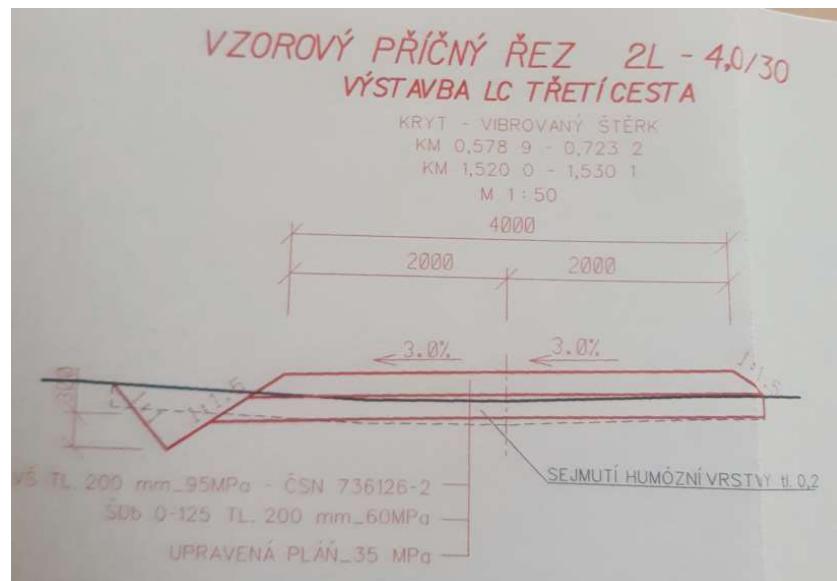
Obrázek 33 Konstrukční vrstvy úseku č.1 (zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 34 Fotografie povrchu úseku č.1 (zdroj: vlastní fotografie)

Poslední měřený bod byl na hranici přechodu mezi penetračním makadamem a vibrošterkem, proto tento bod nebude brán v potaz, jelikož jedna část geofonů byla ještě v pozici penetračního makadamu a druhá na vibrošterku. Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 15 422 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 114 768 m<sup>3</sup> dřeva.

Úsek č. 2 tvoří střední část vybrané lesní cesty s konstrukčními vrstvami viz. obrázek 35 v celkové délce 225 m. Zde bylo naměřeno celkem 10 bodů (pět v jedné stopě a pět v druhé stopě) vzdálených od sebe cca 25 m.



Obrázek 35 Konstrukční vrstvy úseku č.2 (zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 36 Fotografie povrchu úseku č.2 (zdroj: vlastní fotografie)

Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 39 137 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 291 252 m<sup>3</sup> dřeva.

Úsek č. 3 obsahuje konstrukční vrstvy viz. obrázek 37 a je dlouhý 400 m. Zde bylo naměřeno celkem 17 bodů (děvet v jedné stopě a osm v druhé stopě) vzdálených od sebe cca 25 m



Obrázek 37 Konstrukční vrstvy úseku č.3 (zdroj: vlastní fotografie)

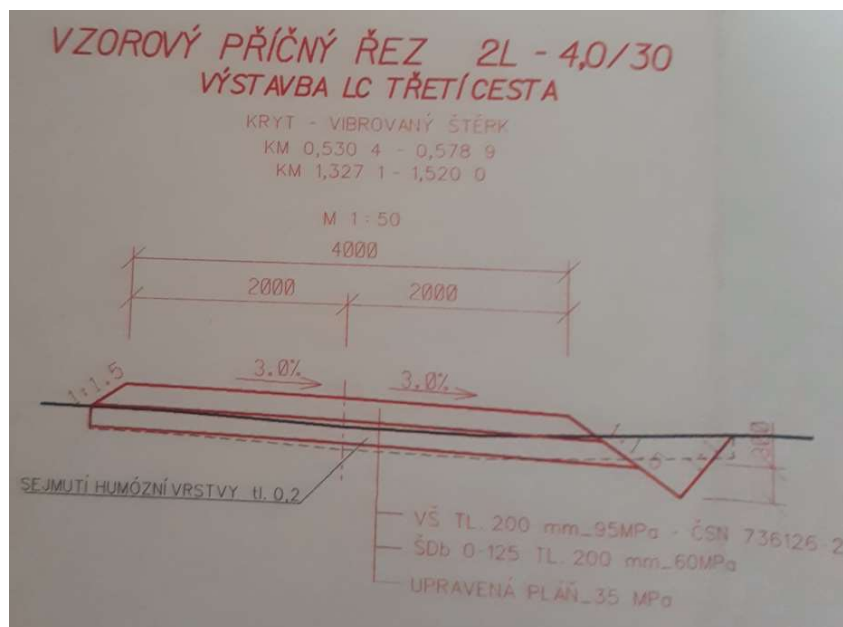


Obrázek 38 Fotografie povrchu úseku č.3 (zdroj: vlastní fotografie)



Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 18 670 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 138 940 m<sup>3</sup> dřeva.

Úsek č. 4 obsahuje konstrukční vrstvy viz. obrázek 39 a je dlouhý 175 m. Zde bylo naměřeno celkem 9 bodů (pět v jedné stopě a čtyři v druhé stopě) vzdálených od sebe cca 25 m



Obrázek 39 Konstrukční vrstvy úseku č.4 (zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 40 Fotografie povrchu úseku č.4 (zdroj: vlastní fotografie)

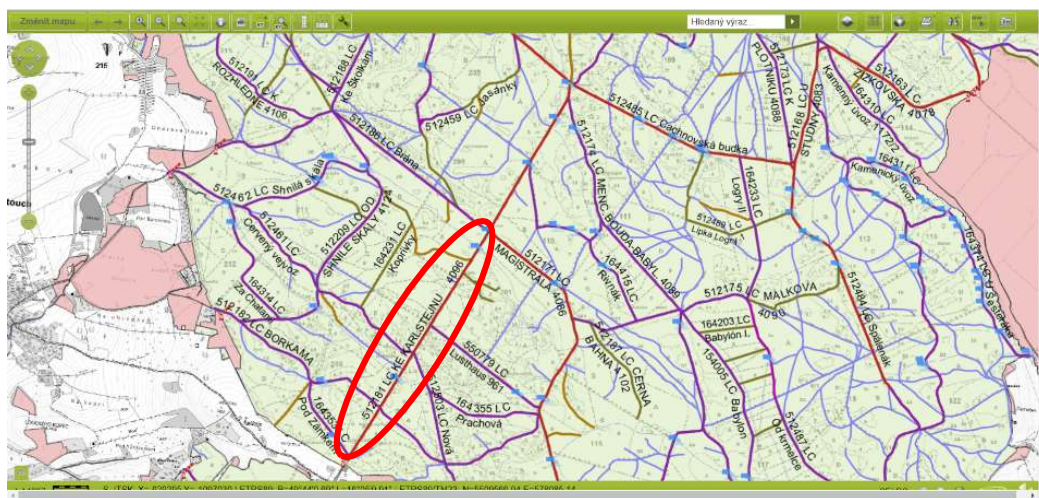
Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 62 396 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 464 342 m<sup>3</sup> dřeva.

Z dat získaných od podniku LČR s.p. bylo následně zjištěno, že v porostech z gravitační plochy lesní cesty je v době vypracování diplomové práce zásoba dříví celkem 54 551 m<sup>3</sup>. V nejhorším možném případě, kdy by bylo nutné vyvozit veškerou dřevní hmotu nám vychází, měřené úseky s přehledem přenesou požadované zatížení, nicméně by to znamenalo snížení únosnosti a tím i životnosti lesní cesty o 12–47%.

## 5.2.LC Ke Karlštejnu

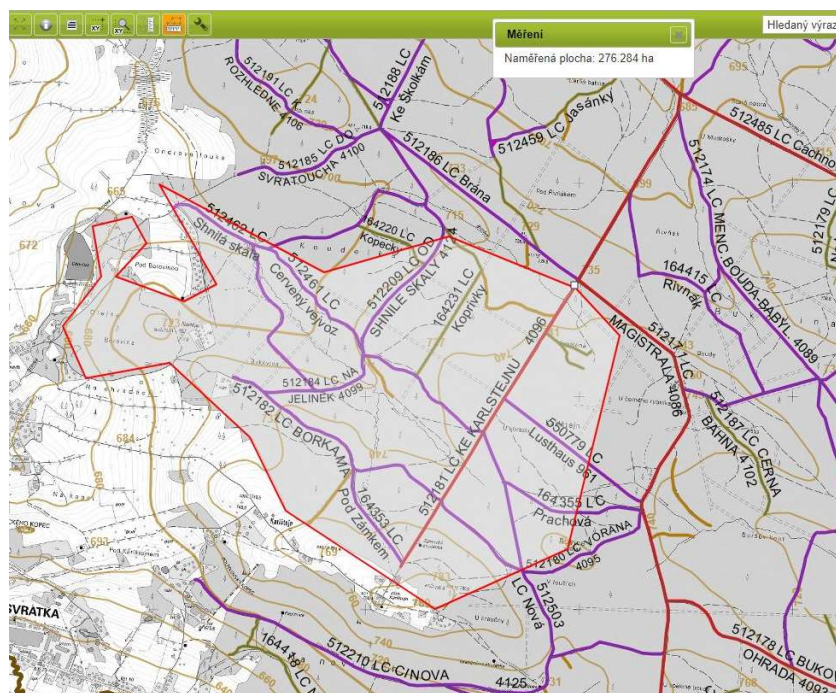
Druhou měřenou cestou byla cesta s názvem LC Ke Karlštejnu. Lesní cesta se nachází nad zámek Karlštejn v blízkosti obce Česká Cikánka v Pardubickém kraji. Rekonstrukce lesní cesty proběhla dle projektové dokumentace v prosinci roku 2017 a její povrch tvoří kryt z asfaltobetonu. Při zpracování projektové dokumentace byl proveden i geologický průzkum, kterým bylo zjištěno, že v měřených úsecích se nachází písčitoprachové jíly CI a tuhé písčité hlíny MS bez podzemní vody. Podloží tedy tvoří zeminy nebezpečně namrzavé s difuzním vodním režimem.

Lesní cesta je dle parametrů zařazena do kategorie 1L a tvoří jednu z hlavních odvozních cest z dané lokality, jak můžeme vidět na obrázku 41.



Obrázek 41 Lesní cestní síť v oblasti LC Ke Karlštejnu

Rozdělením komplexu lesa dle jeho členitosti a vrstevnic bylo zjištěno, že cesta obhospodaruje gravitační celek o celkové ploše 277 Ha. Tato plocha vychází z předpokladu, že okolní lesní cesty jsou v bezvadném stavu a mohou být plně využity k vývozu dřevní hmoty.



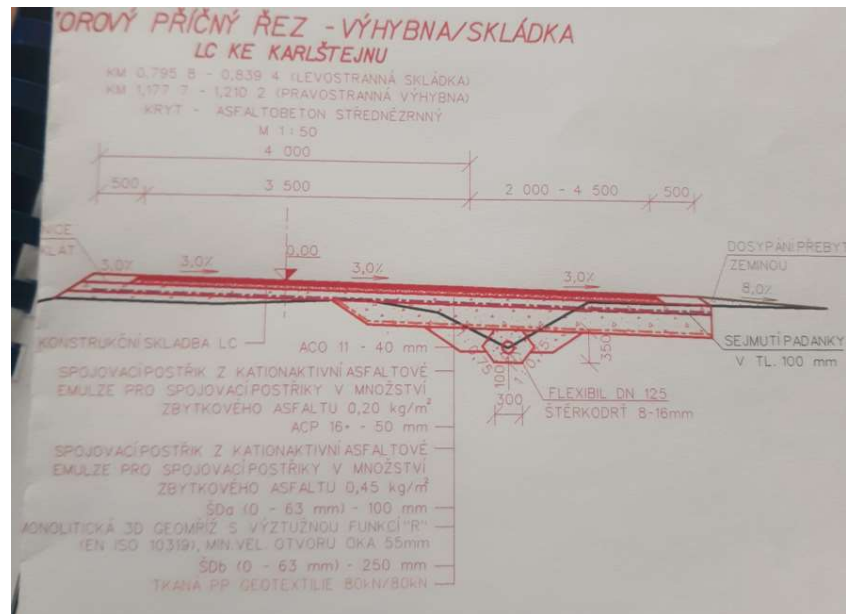
Obrázek 42 Gravitační plocha LC Ke Karlštejnu

Lesní cesta byla rozdělena na dva úseky dle obrázku 43 a to hlavně z důvodu viditelné lokální poruchy v druhém úseku LC. Měření probíhalo vždy po 25 m pro získání přesnějších dat na srovnání.

Úsek č. 5 tvoří vizuálně neporušenou část vybrané lesní cesty s konstrukčními vrstvami viz. obrázek 44 v celkové délce 650 m. Zde bylo naměřeno celkem 27 bodů (čtrnáct v jedné stopě a třináct v druhé stopě) vzdálených od sebe cca 25 m



Obrázek 43 Rozdělení LC Ke Karlštejnu na úseky



Obrázek 44 Konstrukční vrstvy úseku č.5 a č.6 (zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 45 Fotografie povrchu úseku č. 5 (zdroj: vlastní fotografie)

Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 3 122 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 23 233 m<sup>3</sup> dřeva.

Úsek č. 6 tvoří vizuálně porušenou část vybrané lesní cesty, a to konkrétně ve staničení 0,025 – 0,050 se stejnými konstrukčními vrstvami jako v předešlém úseku. Délka úseku je 575 m. Zde bylo naměřeno celkem 24 bodů (dvanáct v jedné stopě a dvanáct v druhé stopě) vzdálených od sebe cca 25 m



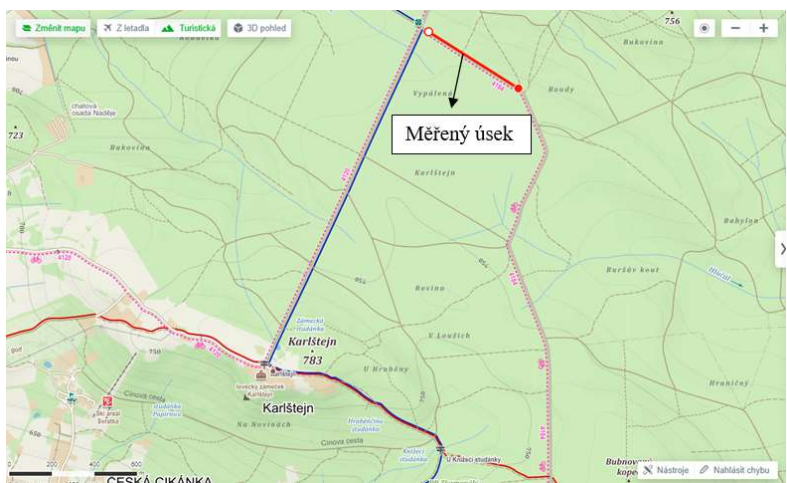
Obrázek 46 Fotografie poškození povrchu úseku č. 6 (zdroj: vlastní fotografie)

Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 1 828 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 13 603 m<sup>3</sup> dřeva.

Z dat získaných od podniku LČR s.p. bylo následně zjištěno, že v porostech z gravitační plochy lesní cesty je v době vypracování diplomové práce zásoba dříví celkem 103 222 m<sup>3</sup>. V nejhorším možném případě, kdy by bylo nutné vyvozit veškerou dřevní hmotu nám vychází, že by tento měřený úsek zátěž nevydržel. Teoreticky by po vyvezení 13 604 – 23 233 m<sup>3</sup> došlo k úplnému zničení lesní cesty.

### **5.3.LC Magistrála**

Poslední lesní cesta s názvem LC Magistrála navazuje na začátek LC Ke Karlštejnu. Bohužel se nepodařilo dohledat jakoukoli zmínku o tom, jak je cesta dlouho v provozu, ani jak byla konstruována. Proto byly na cestě vykopány dvě sondy pro zjištění konstrukčních vrstev. Na vozovce se již začínají objevovat zjevné vyjeté koleje a v některých částech je již kryt vozovky narušen, či úplně chybí. Délka měřeného úseku na této cestě byla 500 m a měřené body byly od sebe vzdáleny 50 m.



Obrázek 48 Znáznornění úseku č.7 na mapě

Kopanými sondami na krajnici vozovky byla zjištěna pouze vrstva z penetračního makadamu o tloušťce 200 mm. Jako podloží bylo zvoleno podloží PIII.



Obrázek 47 Fotografie kopaných sond na krajnici LC Magistrála (zdroj: vlastní fotografie)



Obrázek 49 Fotografie povrchu úseku č. 7 (zdroj: vlastní fotografie)

Bylo naměřeno celkem 11 bodů. Při vyhodnocení nám zde vychází limitní TNV v 85 % kvantilu 160 vozidel za návrhové období. To znamená, že měřený úsek zajistí vývoz celkem 1 191 m<sup>3</sup> dřeva.

Z dat získaných od podniku LČR s.p. bylo následně zjištěno, že v porostech z gravitační plochy lesní cesty je v době vypracování diplomové práce zásoba dříví celkem 93 442 m<sup>3</sup>. V nejhorším možném případě, kdy by bylo nutné vyvozit veškerou dřevní hmotu nám vychází, že by tento měřený úsek zátěž nevydržel. Teoreticky by po vyvezení 1 191 m<sup>3</sup> došlo k úplnému zničení lesní cesty.

#### 5.4. Shrnutí výsledků

Naměřené hodnoty jsem shrnul do tabulky 8, kam jsem doplnil z dat LČR, s.p. i celkovou zásobu dřevní hmoty v gravitační ploše dané lesní cesty. Pomocí těchto dat jsem následně procentuálně vyjádřil snížení únosnosti a tím i životnosti daného úseku při limitním stavu, a to vytěžení kompletní gravitační plochy dané lesní cesty.

Tabulka 8 Celkový přehled naměřených a přepočtených hodnot všech úseků

Číslo úseku	TNV <sub>lim</sub> - 85% kvantil	Teoretický počet m <sup>3</sup> do úplného zničení LC (m <sup>3</sup> )	Celková zásoba dříví v gravitační ploše úseku (m <sup>3</sup> )	Snížení únosnosti při celkové vytěžení gravitační plochy (%)
1	15 422	114 768	54 511	47%
2	39 137	291 252	54 511	19%
3	18 670	138 940	54 511	39%
4	62 396	464 342	54 511	12%
5	3 122	23 233	103 222	444%
6	1 828	13 604	103 222	759%
7	160	1 191	93 442	7848%

Z tabulky 8 je patrné, že nejlepších výsledků dosáhl úsek č. 2 a č.4. Tyto úseky byly na lesní cestě s nestmeleným povrchem spadající do kategorie 2L. Při limitním stavu by byla jejich únosnost a tím i životnost snížena teoreticky pouze o 12-19 %. Samozřejmě nesmíme opomenout, že na té samé cestě jsou ještě úseky č. 1 a č.3, kde by při limitním stavu došlo teoreticky ke snížení únosnosti a tím životnosti o 39-47 %. Je zde tedy nutné konstatovat, že daná lesní cesta by limitní zatížení vydržela, nicméně by její životnost klesla na polovinu.

Další úseky č. 5 a č. 6 byly na lesní cestě s asfaltobetonovým povrchem. Zde ale výsledky nedosahovaly takových hodnot, jako u prvních čtyřech úseků. Z tabulky 8 jasně vyplývá, že limitní stav by byl pro vozovku fatální a extrémní zatížení by vůbec nepřenesla.

Naměřené hodnoty úseku č. 7 byly nejnižší, což se ale dalo předpokládat s ohledem na to, že se jednalo o starou penetraci určenou k rekonstrukci a s viditelnými poruchami. Výsledky jen jasně vypovídají o tom, že návrh rekonstrukce této cesty je na místě a že v případě limitního stavu by došlo k fatálnímu poškození lesní cesty hned v počátcích.

## **5.5.Diskuse**

Výsledky z měření první měřené lesní cesty s nestmeleným povrchem vyšly nad očekávání. Jedinou výjimku tvoří první úsek se stmeleným povrchem z penetračního makadamu. Zde byl předpoklad díky stmelenému povrchu, že naměřené hodnoty budou vyšší nežli z nestmeleného povrchu. Na rozdíl od toho výsledky vycházející na povrchu z vibrošterku jsou překvapující. Jsou zde jisté výchyly, které lze přisoudit nerovnosti povrchu a nečistotám jako šišky, jehličí, větve apod. V úseku č.3 je zřejmé, že již při projektování se v úseku řešil nějaký problém, proto je zde navržena jiná konstrukce a zřejmě i kvůli tomu zde vychází nižší hodnoty. V celkovém shrnutí lze konstatovat, že cesta byla navržena a realizována výborně a že při řešení kalamity v dané lokalitě by extrémní zátěž vydržela. Nicméně je zde důležité zmínit, že se jedná o lesní cestu s nestmeleným povrchem a v případě zatěžování v nepříznivých klimatických podmínkách se dá předpokládat, že by únosnost a životnost lesní cesty rapidně klesala.

V případě další měřené cesty s povrchem z ACO jsou výsledky zarážející. První úsek, který byl bez zjevných vad, vyšel se skoro stejně nízkými hodnotami jako úsek s viditelným poškozením. V prvních třech bodech měření byly výsledky dobré, nicméně v dalších bodech již neodpovídají tomu, že je cesta jednou z hlavních celoročně využívaných lesních cest v dané lokalitě. Navíc byla cesta využívána pouze 4 roky a bylo po ní dle dat od podniku LČR, s.p. vyvezeno pouze 9 528 m<sup>3</sup>. Je zde zřejmé, že nejspíše při provádění stavebních prací nedošlo k řádnému zhutnění vrstev a stavební technika nejspíše zanechala na konstrukčních vrstvách „koleje“, které se již



propisují viz. obrázek 46. Při měření byla provedena i kontrolní kopaná sonda přímo v místě poruchy, kde bylo zjištěno, že navržené konstrukční vrstvy byly dodrženy, tudíž je zřejmé, že za poruchou je nejspíše nedostatečné hutnění konstrukčních vrstev s následným neřešením důsledků jako například vyjetých kolejí od stavební techniky. Bohužel zde je nutné konstatovat, že s ohledem na to, že cesta je jednou z hlavních vývozních cest z dané oblasti, která je celoročně využívaná, tak není schopna přenést zatížení na návrhové období ani za předpokladu, že zde neproběhne kalamitní stav.

Poslední měřenou cestou byla stará penetrace, u které byl předpoklad nízkých hodnot. Již zde byly viditelné vyjeté koleje značící, že vozovka je na pokraji své životnosti a je nejvyšší čas danou lesní cestu rekonstruovat.

## 6. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá analýzou a průzkumem problematiky lesních cest. Na počátku byla provedena analýza kompletního průběhu hospodaření v lese jak za normálního stavu, tak i za kalamitního stavu se zaměřením se na těžbu a vývoz dřevní hmoty. Z této analýzy bylo vyhodnoceno, že lesní cestní síť je stěžejním článkem celého hospodaření v lesních komplexech, a že průběh kalamit má na celou LCS extrémně ničivé následky. Těmto následkům se nicméně dá předcházet lepším a promyšleným návrhem konstrukčních vrstev a rozšířením hustoty LCS na odpovídající hodnoty. Důsledky probíhající kalamity je pak zapotřebí řešit hned a dle doporučeného postupu v kapitole 2.1.4

Při průzkum navrhování komunikací u nás a v zahraničí se zaměřením na dopravní zatěžování vyplynulo, že metoda počtu TNV využívaná v ČR je dle mého názoru pro využití na LCS nepřesná, a to hlavně z důvodu, že není definováno, co to vlastně to TNV je a není zde řešen počet, charakter a zatížení náprav. Mým doporučením by bylo se při vypracování revize TP170 zaměřit na účinky jednotlivých náprav, nebo případně pro navrhování LCS využívat k určení dopravního zatížení jiných metod. Inspiraci bych pak hledal například ve zmíněné Novo Zélandské metodě ESA, která s určitými účinky náprav pracuje a tím dle mého názoru získává přesnější data pro návrh dané konstrukce vozovky.

V praktické části bylo zjištěno, že se pohled na přípravu a celkový pohled na návrh každé z lesních cest zlepšuje a jsou již využívány komplexní služby návrhu. Celkem překvapující byly výsledky z měření nestmelené cesty, kde by bylo navíc zajímavé vyhodnocení úseků po zatížení v nepříznivých klimatických podmínkách. Oproti tomu výsledky naměřené na LC Ke Karlštejnu se stmeleným povrchem a možností celoročního užívání byly žalostné. Zde bych doporučil obrátit se na firmu provádějící realizaci s reklamací stavebních prací a s dotazem, jak danou situaci řešit. Výsledkem ale je, že použitá metoda je využitelná i v praxi, a mohla by být použita jako jeden z průzkumných prostředků při obnově lesních cest se stmeleným povrchem, jen je zapotřebí neustálé kontroly čistoty povrchu a umístění geofonů. Při obnově lesních cest s nestmeleným povrchem bych ale doporučil využití jiných metod, jako například rázovou (dynamickou) zatěžovací zkoušku (dle ČSN 73 6192 zařízením lehká dynamická deska LDD), a to hlavně s ohledem na nákladovost zkoušky a tím, že většina lesních cest s nestmeleným povrchem je při obnově poškozena hlubokými výtluky a kolejemi a zkouška FWD je v těchto případech nepoužitelná.

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

### Citovaná literatura

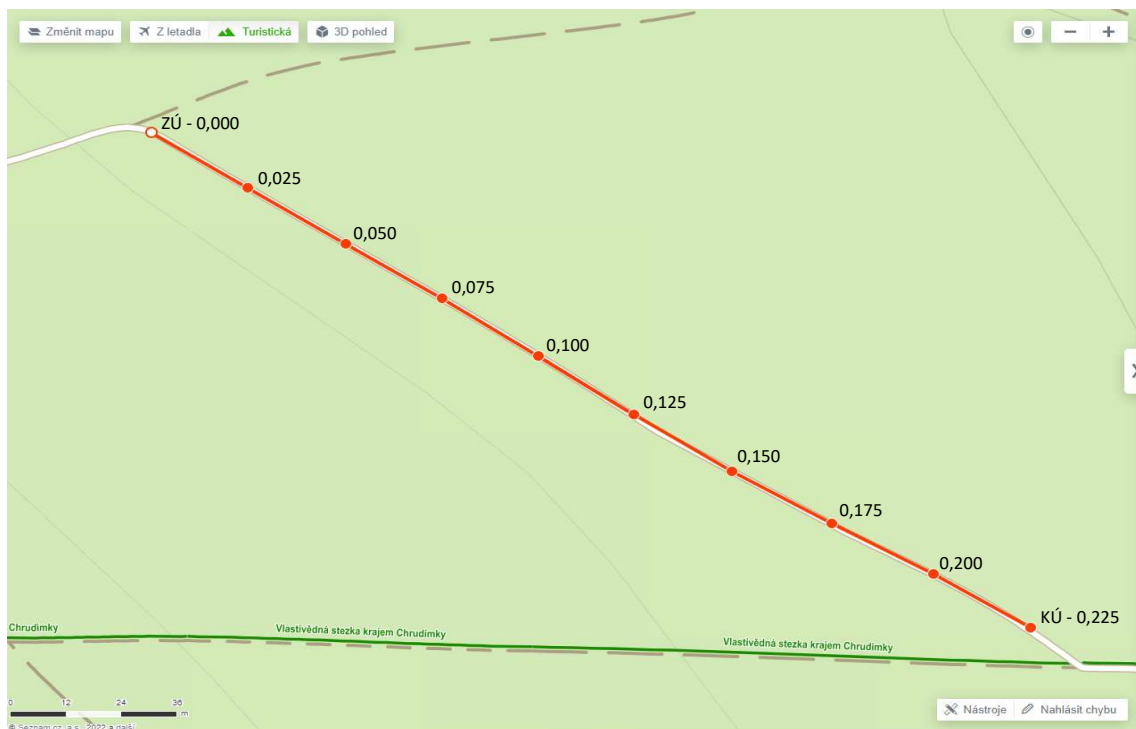
- Forest Owners Association. (Únor 2020). *docs.nzfoa.org.nz/*. Načteno z NZ FOREST ROAD ENGINEERING MANUAL 2020: <https://docs.nzfoa.org.nz/live/nz-forest-road-engineering-manual/6-pavement-design-subgrade-preparation-pavement-construction/6.1-traffic-loading/>
- Bystrický, R. (prosinec 2020). *UHUL*. Načteno z [http://www.uhul.cz/images/ke\\_stazeni/publikace/nove/Methodika\\_ZL\\_v\\_OPRL.pdf](http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/publikace/nove/Methodika_ZL_v_OPRL.pdf)
- Kudrna, J. (2007). *DIAGNOSTIKA A MANAGEMENT VOZOVEK*. Brno: VUT v Brně, Fakulta Stavební.
- Kudrna, J. (2022). <http://lences.cz/studium/>. Načteno z Mário Lenčěš, BM02 Navrhování vozovek: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/-%20-%20P%C5%99edm%C4%9Bty%20dle%20semestru%20-%20-%20-%206-semester/-%20BM02%20-%20Pozemni%20komunikace%20II/Prednasky/T%C3%A9ma%2012%20presentace%20Navrhov%C3%A1n%C3%AD%20vozovek.pdf>
- Lesnická práce s.r.o. (2008). *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o.
- Ministerstvo dopravy České republiky. (2004). *Navrhování vozovek pozemních komunikací: TP 170*. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky,;
- Ministerstvo zemědělství. (23. Listopad 2020). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k*, stránky 39-42. Načteno z [https://eagri.cz/public/web/file/688968/Zprava\\_o\\_stavu\\_lesa\\_2020\\_web.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/688968/Zprava_o_stavu_lesa_2020_web.pdf)
- Němec, J. (1964). *Technická příručka lesnická*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Silvarium. (31. Květen 2021). [www.silvarium.cz](http://www.silvarium.cz). Načteno z SILVARIUM.cz: <https://www.silvarium.cz/lesnictvi/tezba-drivi-v-roce-2020-35-8-mil-m3>
- Simanov, V., & Kohout, V. (2004). *Těžba a doprava dříví*. Písek: Matice lesnická.
- Ústřední pozemkový úřad. (1. Březen 2011). *Katalog vozovek polních cest*. Načteno z STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD: <https://www.spucr.cz/pozemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/katalog-vozovek-polnich-cest-technicke-podminky-zmena-c-2>
- Wikipedie. (29. Červen 2021). *Wikipedie*. Načteno z Wikipedie: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Valn%C3%ADk>
- Zajíček, I. J. (9. Únor 2016). <https://www.sdruzeni-silnice.cz/>. Načteno z SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC: <https://www.sdruzeni-silnice.cz/Odborne-akce-cln294.aspx>
- ZLATUŠKA, K. e. (2020). *Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě*. Praha: Ministerstvo zemědělství.

## **8. PŘÍLOHY**

1. Záznam výsledků měření – Úsek č.1
2. Záznam výsledků měření – Úsek č.2
3. Záznam výsledků měření – Úsek č.3
4. Záznam výsledků měření – Úsek č.4
5. Záznam výsledků měření – Úsek č.5
6. Záznam výsledků měření – Úsek č.6
7. Záznam výsledků měření – Úsek č.7

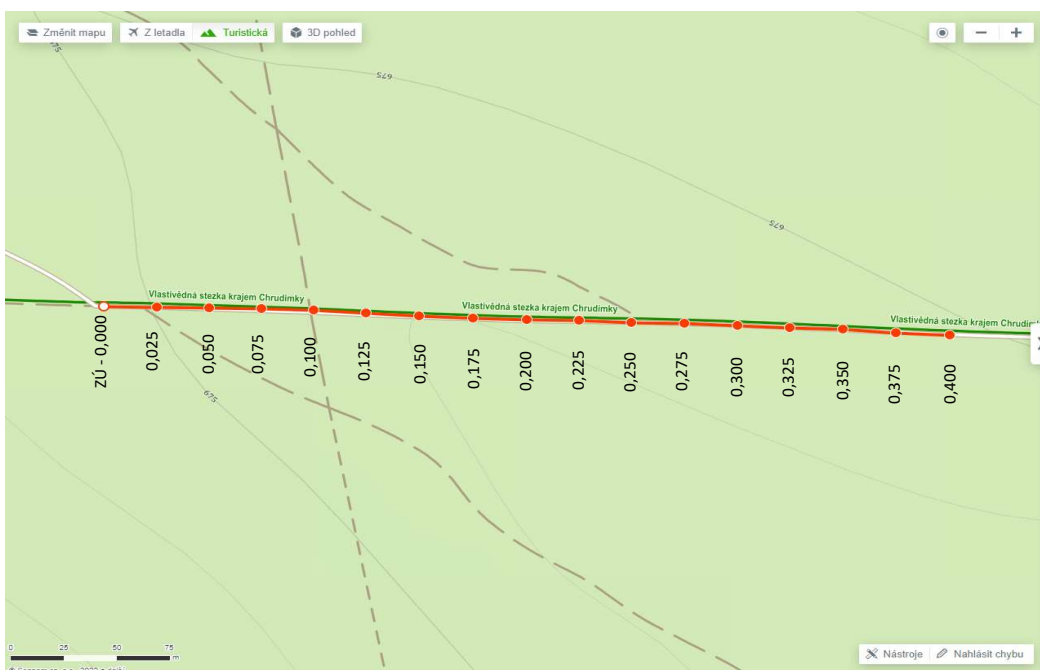


Záznam výsledků měření									
Název akce:	LC Třetí cesta								
Úsek:	Úsek č.2 - Vibrovaný štěrč								
Lokalizace:	49.7485672N, 16.0301900E								
Datum:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D								
	Konstrukce vozovky:			Tloušťka [mm]:	Charakteristika podloží:				
Obrusná vrstva:	Vibrovaný štěrč			200	Namrzavost:	zeminy namrzavé			
Podkladní vrstva:	štěrčodř B			200	Vodní režim:	difuzní			
Podloží:	Střední až hrubé hlinité písky (SM)			---	Podzemní voda:	ne			
Naměřené průhyby:									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
0	883	284	166	128	74	61	41	35	30
25	1184	473	241	118	41	30	25	22	19
50	1115	496	275	194	111	80	56	49	39
75	1186	551	398	323	210	153	120	101	87
100	958	382	190	121	64	46	34	29	24
125	938	170	123	92	60	43	35	28	24
151	1163	341	233	179	128	94	78	59	51
175	1184	422	308	215	122	93	76	60	52
201	1264	259	191	169	121	82	60	55	46
225	1375	297	234	201	130	101	79	57	54
Vypočtená zatížitelnost:									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
0	17	333 099	283 134	13,8°C	16,4°C	46			
25	17	20 756 877	17 643 345	14,6°C	12,1°C	2 843			
50	17	189 486	161 063	16,6°C	9,9°C	26			
75	17	9 114	7 747	14,4°C	10,6°C	1			
100	17	2 354 054	2 000 946	17,1°C	17,0°C	322			
125	17	1 515 046	1 287 789	14,2°C	17,6°C	208			
151	17	58 071	49 360	17,1°C	6,2°C	8			
175	17	28 942	24 601	13,3°C	12,7°C	4			
201	17	449 987	382 489	16,9°C	7,0°C	62			
225	17	270 900	230 265	13,2°C	8,9°C	37			
85% kvantil		39 137,15	33 266,65			5,40			
50% kvantil		301 999,50	256 699,50			41,50			



### Záznam výsledků měření

Název akce:	LC Třetí cesta								
Úsek:	Úsek č.3 - Vibrovaný štěrk								
Lokalizace:	49.7478586N, 16.0350503E								
Datum:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D								
	Konstrukce vozovky:			Tloušťka [mm]:		Charakteristika podloží:			
Obrusná vrstva:	Vibrovaný štěrk			150		Namrzavost: zeminy namrzavé			
Podkladní vrstva:	štěrkodř B			250		Vodní režim: difuzní			
Podloží:	Střední až hrubé hlinité písky (SM)			---		Podzemní voda: ne			
<b>Naměřené průhyby:</b>									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
0	1 431	669	400	228	114	82	69	59	53
25	1 234	235	193	159	108	82	57	48	40
50	1 424	429	357	325	232	170	134	105	88
75	2 652	256	200	172	116	88	63	55	43
100	1 521	185	141	127	77	59	45	38	31
125	1 739	865	509	300	109	69	57	48	44
151	1 623	651	427	311	198	142	112	90	82
175	2 027	842	433	235	85	61	58	47	42
201	2 245	919	495	242	96	67	67	52	46
225	1 926	958	469	250	85	58	58	45	40
251	1 246	484	315	229	143	106	86	69	60
276	1 644	177	156	133	77	60	49	38	30
301	1 345	560	362	254	164	118	96	74	65
326	964	384	245	175	100	68	58	49	40
351	1 149	469	309	228	134	100	77	66	61
376	1 086	545	315	212	109	73	55	50	46
401	1 530	752	480	339	201	155	113	102	81
<b>Vypočtená zatížitelnost:</b>									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
0	17	114 895	97 661	15,2°C	7,5°C	16			
25	17	750 710	638 104	14,2°C	7,1°C	103			
50	17	128 667	109 367	14,8°C	8,1°C	18			
75	17	431 643	366 897	14,4°C	6,1°C	59			
100	17	1 525 677	1 296 825	15,0°C	8,4°C	209			
125	17	301 489	256 266	14,6°C	6,8°C	41			
151	17	4 764	4 049	14,8°C	9,1°C	1			
175	17	206 855	175 827	14,9°C	7,1°C	28			
201	17	124 020	105 417	14,8°C	8,5°C	17			
225	17	219 945	186 953	14,8°C	6,7°C	30			
251	17	958 638	814 842	14,8°C	9,2°C	131			
276	17	1 397 753	1 188 090	15,3°C	7,5°C	191			
301	17	13 283	11 291	15,3°C	8,9°C	2			
326	17	103 898	88 313	15,1°C	11,5°C	14			
351	17	26 751	22 738	15,3°C	9,2°C	4			
376	17	241 180	205 003	15,2°C	10,9°C	33			
401	17	7 045	5 988	15,3°C	7,2°C	1			
<b>85% kvantil</b>		<b>18 670,20</b>	<b>15 869,80</b>					<b>2,80</b>	
<b>50% kvantil</b>		<b>206 855,00</b>	<b>175 827,00</b>					<b>28,00</b>	

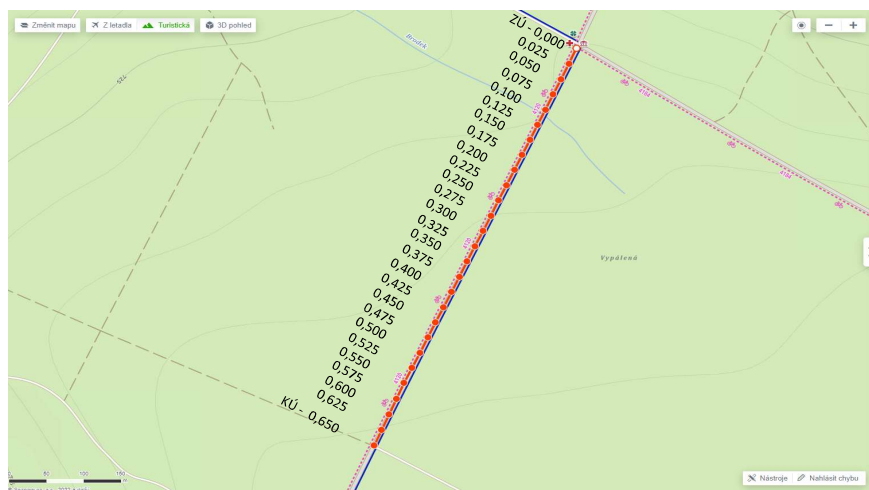


Záznam výsledků měření									
Název akce:	LC Třetí cesta								
Úsek:	Úsek č.4 - Vibrovaný štěrčk								
Lokalizace:	49.7477250N, 16.0401678E								
Datum:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D								
	Konstrukce vozovky:	Tloušťka [mm]:	Charakteristika podloží:						
Obrusná vrstva:	Vibrovaný štěrčk	200	Namrzavost:	zeminy namrzavé					
Podkladní vrstva:	štěrčkodř B	200	Vodní režim:	difuzní					
Podloží:	Střední až hrubé hlinité písky (SM)	---	Podzemní voda:	ne					
Naměřené průhyby:									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
400	1530	752	516	343	201	148	124	102	85
425	1435	214	152	129	86	63	49	40	36
450	1798	833	533	305	144	89	74	66	58
475	1434	710	423	267	107	67	52	44	43
500	1420	711	396	246	111	75	62	48	46
525	1386	312	239	213	134	105	76	64	51
550	1371	529	294	171	79	54	44	38	35
575	1121	434	281	186	116	88	65	62	49
600	1226	271	206	169	112	82	70	51	48
Vypočtená zatížitelnost:									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
400	17	9 827	8 353	15,3°C	7,2°C	1			
425	17	859 105	730 239	15,5°C	12,0°C	8			
450	17	68 419	58 156	15,6°C	9,7°C	9			
475	17	654 600	556 410	15,5°C	7,0°C	33			
500	17	554 056	470 948	15,2°C	7,5°C	76			
525	17	242 098	205 783	15,4°C	7,7°C	90			
550	17	534 791	454 572	15,6°C	11,8°C	73			
575	17	60 891	51 757	15,5°C	10,4°C	118			
600	17	418 749	355 937	15,7°C	13,1°C	57			
85% kvantil		62 396,60	53 036,80			8,20			
50% kvantil		418 749,00	355 937,00			57,00			

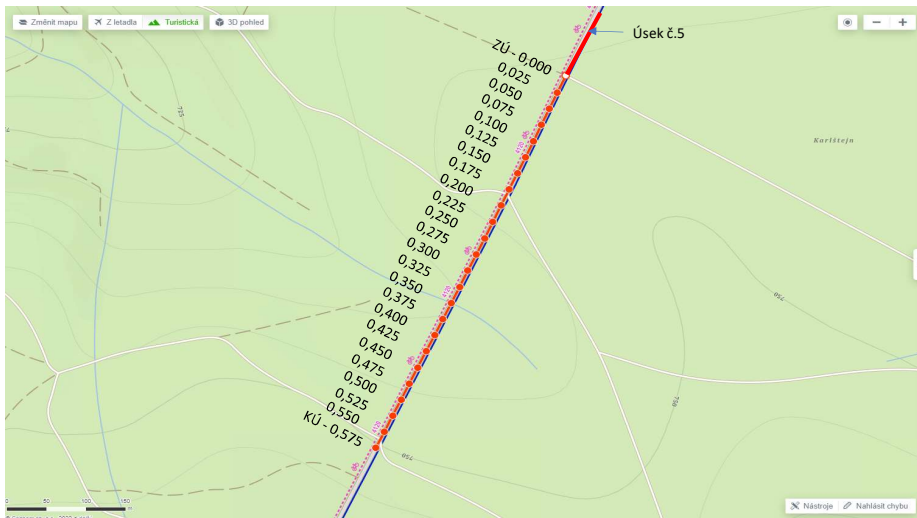




Záznam výsledků měření									
Název akce:	LC Ke Karištejnu								
Úsek:	Úsek č.5 - Asfaltobeton								
Lokalizace:	49.7261383N, 16.0723597E								
Datum a čas:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D.								
Konstrukce vozovky:			Tloušťka [mm]:		Charakteristika podloží:				
Obrusná vrstva:	ACO		90		Namrzavost:		zeminy nebezpečně namrzavé		
Podkladní vrstva:	štrkodrů B		350		Vodní režim:		difúzní		
Podloží:	Tuhé písčité hlíny (MS)		---		Podzemní voda:		ne		
Naměřené průhyby:									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
0	608	421	320	237	129	73	45	35	31
25	590	411	296	212	100	50	37	26	24
50	676	510	411	322	196	121	77	68	59
75	743	503	383	299	193	141	111	92	78
100	1225	773	550	379	207	138	104	87	76
125	1424	980	663	431	199	123	83	76	59
150	1299	663	520	429	302	233	179	149	125
175	1609	1197	946	726	426	269	193	152	134
200	2120	1336	905	589	292	183	139	124	109
225	1499	1100	841	626	351	207	144	124	96
250	1110	697	480	306	106	33	18	20	20
275	1096	735	480	287	87	23	10	13	15
300	1098	730	515	365	156	68	45	38	35
325	1597	1042	639	438	174	78	63	59	52
350	946	644	470	329	155	81	48	40	39
375	848	604	456	319	165	98	67	52	47
400	1633	1053	741	496	209	106	86	75	68
425	1029	726	543	416	213	123	75	59	57
450	792	574	432	320	158	80	49	38	33
475	822	593	467	356	204	117	67	49	42
500	821	623	490	376	211	125	79	60	55
525	1065	735	578	430	237	130	79	69	59
550	1454	932	625	403	157	73	57	47	47
575	1371	831	564	353	129	63	44	41	38
600	893	558	396	272	103	45	25	23	25
625	630	417	317	226	98	49	28	22	20
650	786	616	485	372	199	97	60	43	37
Vypočtená zatížitelnost:									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
0	16	806 533	685 553	13,40°C	12,00°C	117			
25	16	774 220	658 087	17,80°C	11,10°C	113			
50	16	782 953	665 510	13,60°C	11,20°C	114			
75	16	119 001	101 151	17,90°C	24,00°C	17			
100	16	6 684	5 681	13,90°C	13,50°C	1			
125	16	4 526	3 847	17,80°C	24,10°C	1			
150	16	7 154	6 081	14,30°C	22,10°C	1			
175	16	11 692	9 938	17,80°C	10,80°C	2			
200	16	361	307	14,20°C	11,40°C	0			
225	16	11 519	9 791	17,90°C	11,20°C	2			
250	16	12 972	11 026	14,40°C	12,80°C	2			
275	16	13 394	11 385	18,00°C	29,60°C	2			
300	16	22 238	18 902	14,30°C	11,90°C	3			
325	16	1 525	1 296	17,70°C	12,60°C	0			
350	16	30 069	25 559	14,20°C	18,30°C	4			
375	16	139 563	118 629	17,70°C	31,80°C	20			
400	16	1 926	1 637	14,50°C	10,00°C	0			
425	16	17 843	15 167	17,60°C	10,80°C	3			
450	16	282 639	240 243	14,60°C	10,00°C	41			
475	16	350 281	297 739	17,70°C	13,40°C	51			
500	16	433 814	368 742	14,70°C	9,50°C	63			
525	16	58 776	49 960	17,80°C	9,60°C	9			
550	16	2 987	2 539	15,00°C	12,30°C	0			
575	16	3 138	2 667	17,50°C	9,40°C	0			
600	16	44 649	37 952	15,00°C	10,80°C	6			
625	16	660 615	561 523	17,70°C	11,10°C	96			
650	16	418 185	355 457	15,50°C	30,60°C	61			
<b>85% kvantil</b>		<b>3 122,90</b>	<b>2 654,20</b>			<b>0</b>			
<b>50% kvantil</b>		<b>22 238,00</b>	<b>18 902,00</b>			<b>3</b>			



Záznam výsledků měření									
Název akce:	LC Ke Karlštejnu								
Úsek:	Úsek č.6 - Asfaltobeton - poškozený								
Lokalizace:	49.7484869N, 16.0303114E								
Datum a čas:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D								
Konstrukce vozovky:			Tloušťka [mm]:		Charakteristika podloží:				
Obrusná vrstva:	ACO		90	Namrzavost:	zeminy nebezpečně namrzavé				
Podkladní vrstva:	štěrkodř B		350	Vodní režim:	difuzní				
Podloží:	Tuhé písčité hlíny (MS)		---	Podzemní voda:	ne				
Naměřené průhyby:									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
0	811	614	492	374	199	98	59	40	36
25	960	688	499	379	173	83	47	34	31
50	1854	1307	985	655	349	216	159	141	119
75	1837	1342	966	660	332	207	151	125	108
100	1300	883	581	381	166	78	60	48	45
125	977	676	508	371	189	112	79	63	54
150	1073	691	446	281	122	59	48	40	37
175	1085	657	361	223	78	35	28	28	25
200	778	573	440	323	157	69	31	20	18
225	927	669	444	310	121	43	18	13	17
250	1486	963	687	469	202	104	68	61	55
275	1364	863	555	347	129	63	43	44	41
300	1524	1007	644	395	152	75	57	57	46
325	1123	737	505	345	129	52	29	28	26
350	1076	727	529	384	202	126	85	77	64
375	998	768	576	483	290	182	123	92	80
400	1016	680	471	329	166	113	82	67	59
425	981	655	486	343	187	125	91	79	68
450	1740	1110	712	437	185	92	77	69	60
475	1157	800	611	428	229	131	89	70	64
500	1611	1107	689	421	173	103	80	64	56
525	1525	943	618	401	160	97	66	66	52
550	1099	664	428	272	110	58	48	48	40
575	847	565	395	301	145	88	62	47	45
Vypočtená zatížitelnost:									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
0	16	398 405	338 644	17,40°C	29,40°C	58			
25	16	92 366	78 511	17,70°C	29,10°C	13			
50	16	1 845	1 568	18,00°C	21,90°C	0			
75	16	1 814	1 542	17,90°C	13,80°C	0			
100	16	6 635	5 640	18,80°C	22,70°C	1			
125	16	61 076	51 915	18,10°C	20,90°C	9			
150	16	11 600	9 860	18,90°C	28,90°C	2			
175	16	5 475	4 654	17,90°C	28,90°C	1			
200	16	401 681	341 429	19,00°C	17,70°C	58			
225	16	64 485	54 812	18,00°C	28,70°C	9			
250	16	3 780	3 213	19,00°C	8,70°C	1			
275	16	3 270	2 780	18,10°C	12,20°C	0			
300	16	1 966	1 671	19,10°C	16,80°C	0			
325	16	15 995	13 596	18,40°C	15,30°C	2			
350	16	25 718	21 860	19,00°C	8,90°C	4			
375	16	177 926	151 237	18,30°C	10,70°C	26			
400	16	23 316	19 819	18,80°C	25,90°C	3			
425	16	35 684	30 331	18,40°C	18,90°C	5			
450	16	852	724	18,60°C	9,50°C	0			
475	16	26 749	22 737	18,30°C	10,10°C	4			
500	16	1 504	1 278	18,60°C	9,10°C	0			
525	16	1 729	1 470	18,40°C	9,00°C	0			
550	16	7 385	6 277	18,80°C	9,90°C	1			
575	16	75 734	64 374	18,60°C	9,90°C	11			
<b>85% kvantil</b>		<b>1 827,95</b>	<b>1 553,70</b>			<b>0</b>			
<b>50% kvantil</b>		<b>13 797,50</b>	<b>11 728,00</b>			<b>2</b>			



Záznam výsledků měření									
Název akce:	LC Magistrála								
Úsek:	Úsek č.7 - Penetrační makadam								
Lokalizace:	49.7484869N, 16.0303114E								
Datum a čas:	13.04.2022								
Počasí:	polojasno až skoro jasno								
Měření provedl:	Bc. Jaroslav Švojgr, Ing. Pavel Lopour, Ph.D								
	Konstrukce vozovky:			Tloušťka [mm]:		Charakteristika podloží:			
Obrusná vrstva:	Penetrační makadam			200		Namrzavost:		zeminy namrzavé	
Podkladní vrstva:	---			---		Vodní režim:		difuzní	
Podloží:	Podloží PIII			---		Podzemní voda:		ne	
Naměřené průhyby:									
Staničení [m]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100
0	1303	687	496	378	233	175	136	115	91
50	1016	501	365	273	165	118	94	78	66
100	1164	658	486	367	234	171	133	106	95
150	1432	723	513	383	242	182	143	116	96
200	1283	710	523	378	244	172	134	125	107
250	1179	716	547	423	266	195	152	127	106
300	1654	835	597	452	291	207	165	138	111
350	1614	860	631	477	297	214	173	135	124
400	1348	693	492	370	235	172	138	110	100
450	1036	572	421	318	202	144	113	96	79
500	1228	673	494	372	233	170	131	114	94
Vypočtená zatížitelnost:									
Staničení [m]	Návrhové období	TNV lim	TNV dovolené	Teplota vzduchu	Teplota vozovky	Zatížitelnost			
0	---	340	289	17,20°C	9,40°C	---			
50	---	1 103	938	17,30°C	8,70°C	---			
100	---	679	577	17,20°C	11,60°C	---			
150	---	200	170	17,00°C	9,20°C	---			
200	---	391	332	16,90°C	11,50°C	---			
250	---	800	680	16,80°C	10,90°C	---			
300	---	98	83	17,00°C	10,70°C	---			
350	---	120	102	17,00°C	9,00°C	---			
400	---	276	235	17,10°C	14,50°C	---			
450	---	1 161	987	17,30°C	18,20°C	---			
500	---	487	414	17,30°C	9,70°C	---			
85% kvantil		160	136	---					
50% kvantil		391	332	---					

